

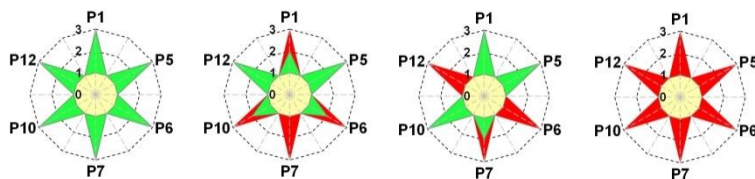
Verdura Química de Atividades Laboratoriais – Avaliação de Manuais do Ensino Básico

Marta Carina Moreira Pereira

Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de
Ciências da Universidade do Porto em Química

2014





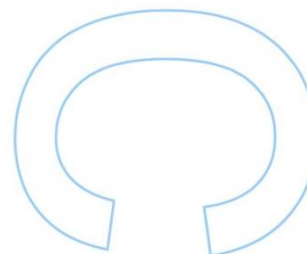
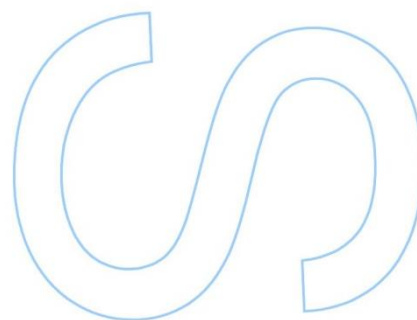
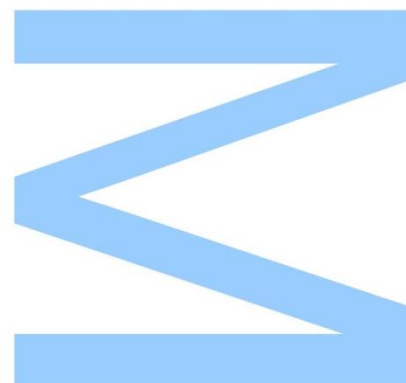
Verdura Química de Atividades Laboratoriais – Avaliação de Manuais do Ensino Básico

Marta Carina Moreira Pereira

Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar
Departamento de Química e Bioquímica
2014

Orientadora

Maria Gabriela Teles Cepeda Ribeiro, Professora Auxiliar,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



AGRADECIMENTOS

Para o desenvolvimento deste trabalho muito contribuiu a ajuda, colaboração e incentivo de muitas pessoas às quais não posso deixar de agradecer todo o apoio dado.

Em primeiro lugar, à Professora Doutora Gabriela Ribeiro que me aceitou como sua orientanda e foi responsável pelo meu primeiro contacto com a Química Verde, que foi o mote para o desenvolvimento deste trabalho. Graças à sua total disponibilidade e dedicação desde o primeiro momento, aos seus ensinamentos e partilha de saber, ao seu apoio e acompanhamento foi possível desenvolver este trabalho.

A todos os professores que enriqueceram esta minha jornada ampliando os meus conhecimentos nestas áreas, que me continuam a fascinar, e fomentando a motivação e vontade de “saber” necessária para o trabalho desenvolvido nestes anos.

Um agradecimento especial ao Professor Doutor Carlos Corrêa pela total disponibilidade e esclarecimentos prestados, mesmo não tendo sido meu professor.

À minha família, pelo apoio e incentivo proporcionados, nomeadamente ao meu marido e aos meus pais, que sempre me incentivaram, apoiaram e criaram toda a logística necessária para os meus (muitos) momentos de ausência. Foram eles que me ensinaram a lutar pelos meus sonhos e que sempre ambicionaram para mim aquilo que não puderam ter. À minha filha que foi a pessoa, que apesar de pequenina, mais força me deu e aquela a quem roubei mais tempo para a concretização deste projeto, esperando que um dia se sinta orgulhosa dele e de mim.

Às amigas, Ana Salgado, Fernanda Pinto e Sílvia Almeida (uma nova amiga com quem muito aprendi) que iniciaram esta jornada comigo e sempre me apoiaram nos momentos mais conturbados e de indecisão. E aqui, não posso deixar de destacar a Ana Salgado (uma amiga de infância reencontrada) com quem partilhei reflexões e ideias e que nunca me deixou desistir, tendo sempre uma palavra de incentivo no momento certo. Foi com ela que comecei esta aventura e com quem a termino, depois de percorrido um longo caminho (nem sempre fácil) de trabalho e companheirismo.

Aos colegas Tânia Pires e Ricardo Pinto com quem partilhei e debati dúvidas e informações muito úteis.

A todas as colegas que tive o prazer de conhecer, desde a ingressão neste mestrado e com quem partihei momentos a recordar.

Ao grupo 510 da Escola Secundária do Marco de Canaveses pelo carinho e apoio que me deram deste o primeiro momento, nomeadamente a Fernanda Pinto (principal responsável pela minha incurssão neste mestrado), à Lúcia Monteiro, à Paula Cunha, à Fernanda Bessa e à Isabel Baldaia.

Por último, a todos aqueles, que não sendo nomeados, estiveram presentes, de alguma forma, e me permitiram concretizar esta etapa da minha vida.

RESUMO

Neste trabalho aplicou-se uma métrica holística de verdura – a Estrela Verde (EV) – para avaliar a verdura de atividades laboratoriais propostas em manuais do oitavo ano de escolaridade.

A partir da simples inspeção visual das EV elaboradas é possível detetar alguns aspetos a otimizar para conseguir uma maior verdura em algumas das atividades analisadas, dado que se verifica a existência de alguns problemas quanto à verdura das mesmas. Também é possível avaliar para atividades com o mesmo objetivo qual a que apresenta maior verdura, permitindo uma escolha mais “verde”.

São apresentados alguns aspetos que, de forma simples, poderiam ser alterados para aumentar a verdura das atividades analisadas.

As EV, bem como as fichas de avaliação, elaboradas para todas as atividades, estão disponíveis na web sendo por isso acessíveis a outros professores. Este facto permite aos professores, por um lado, encontrar uma grande panóplia de atividades (já que não existe uma indicação do Ministério da Educação sobre as que se devem realizar) e por outro, escolher as atividades mais verdes e que envolvam substâncias com menores perigos.

PALAVRAS-CHAVE: Atividades Laboratoriais, Ensino Básico, Oitavo Ano, Estrela Verde, SDS, Fichas de Dados de Segurança, GHS, Sistema Global Harmonizado, IPE, Índice de Preenchimento da Estrela, Manuais Escolares, Princípios, Química Verde, Verdura.

ABSTRACT

In this work a holistic metric of greenness, the Green Star (EV), was applied to assess the greenness of laboratory activities proposed in manuals of chemistry for eighth grade.

The visual inspection of the EV allows checking some problems that need attention to increase the greenness in some analyzed activities. It is also possible to evaluate activities with the same purpose allowing a "greener" choice.

The EV, as well as the evaluation sheets, elaborated for all activities, are available on the web. This allows teachers, on one hand, to find a large range of activities they may use (the Education Ministry does not define the activities), and on the other hand, choose the greenest activities and substances with lower hazards.

KEYWORDS: Laboratory Activities, Basic Education, Eighth Grade, Green Star, SDS, Safety Data Sheet, GHS, Globally Harmonized System, GSAI, Green Star Area Index, School Books, Principles, Green Chemistry, Greenness.

ÍNDICE

Agradecimentos	II
Resumo	IV
Abstract	V
Índice	VI
Lista de quadros	VII
Lista de tabelas	VII
Lista de figuras	IX
Lista de abreviaturas	XII
1. Introdução	1
1.1. Importância do desenvolvimento de materiais didáticos e da sua divulgação	2
1.2. Finalidades da tese	3
1.3. Objetivos da tese	4
1.4. Estrutura da tese	4
2. Métrica Holística de Avaliação de Verdura – Estrela Verde	5
2.1. Objetivos	5
2.2. Fundamentação da EV e sua construção	5
2.2.1. Definição de critério	7
2.2.2. Sistema Global Harmonizado	8
2.2.3. Construção da EV	13
3. Avaliação da Verdura das Atividades Laboratoriais Propostas em Manuais do 8ºAno de Escolaridade	16
3.1. Introdução	16
3.2. Explicação e Representação de Reações Químicas	21
3.2.1. Natureza Corpuscular da Matéria	23
3.2.2. Pressão	27
3.2.3. Lei de Lavoisier	31
3.2.4. Discussão dos resultados	36
3.3. Tipos de Reação Química	37
3.3.1. Ocorrência de Reações Químicas	40
3.3.2. Reações de Oxidação-Redução	46
3.3.3. Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Materiais do Quotidiano	52
3.3.4. Reações Ácido-Base	58
3.3.5. Reações de Precipitação	64
3.3.6. Discussão dos resultados	70
3.4. Velocidade das Reações Químicas	71
3.4.1. Discussão dos resultados	80
4. Conclusões	81
5. Referências Bibliográficas	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Os Doze Princípios da Química Verde	7
--	---

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes e categorias de perigo (GHS).....	9
Tabela 2. Pontuação e classificação dos perigos das substâncias para construção da métrica Estrela Verde (EV), segundo a regulamentação GHS	13
Tabela 3. Critérios para pontuação (<i>p</i>) dos princípios da QV para construção da Estrela Verde.....	14
Tabela 4. Critérios para pontuação da degradabilidade e renovabilidade para construção da métrica Estrela Verde (EV)	15
Tabela 5. Atividades avaliadas no subdomínio Explicação e Representação de Reações Químicas	22
Tabela 6. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo da Natureza Corpuscular da Matéria.	23
Tabela 7. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo da Natureza Corpuscular da Matéria.....	25
Tabela 8. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo da Pressão.	27
Tabela 9. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo da Pressão.....	29
Tabela 10. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo da Lei de Lavoisier.	31
Tabela 11. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo da Lei de Lavoisier ..	34
Tabela 12. Atividades avaliadas no subdomínio Tipos de reação química	38
Tabela 13. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas do grupo da Ocorrência de Reações Químicas.	40
Tabela 14. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo da Ocorrência de Reações Químicas	43
Tabela 15. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo das Reações de Oxidação-Redução.....	46
Tabela 16. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo das Reações de Oxidação-Redução	49
Tabela 17. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo da Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Materiais do Quotidiano.	53

Tabela 18. EV e respetivos IPE das experiências avaliadas no grupo da preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Materiais do Quotidiano.....	55
Tabela 19. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo das Reações de Ácido-Base.....	58
Tabela 20. Ev e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo das Reações de Ácido-Base	61
Tabela 21. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo das Reações de Precipitação.	64
Tabela 22. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo das Reações de Precipitação.....	67
Tabela 23. Atividades avaliadas no subdomínio Velocidade das Reações Químicas.....	72
Tabela 24. Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas no grupo da Velocidade das Reações Químicas.....	73
Tabela 25. EV e respetivos IPE das atividades avaliadas no grupo da velocidade das reações químicas.....	76
Tabela 26. Atividades e respetivos IPE médios por manual analisado.	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.A. Exemplos de advertências de perigo e interpretação dos códigos de perigo;	
1.B. Exemplos de recomendações de prudência e interpretação dos códigos.....	10
Figura 2. Exemplos de advertências de perigo e interpretação dos códigos de perigo....	11
Figura 3. Perigos (GHS) para o Nitrato de Chumbo; informação obtida do SDS da Sigma-Aldrich	12
Figura 4. Esquema da divisão das atividades laboratoriais avaliadas.	17
Figura 5. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	24
Figura 6. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades do grupo Natureza Corpuscular da Matéria.....	24
Figura 7. Renovabilidade dos reagentes/ matérias-primas envolvidas nas atividades do grupo Natureza Corpuscular da Matéria.	24
Figura 8. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades avaliadas; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	28
Figura 9. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades do grupo da Pressão.	28
Figura 10. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades do grupo da Pressão.	28
Figura 11. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	32
Figura 12. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades no grupo da Lei de Lavoisier.	33
Figura 13. Renovabilidade dos reagentes/ matérias-primas envolvidas nas atividades no grupo da Lei de Lavoisier.	33
Figura 14. Frequência das atividades Avaliadas no subdomínio Explicação e Representação de Reações Químicas em função do IPE.....	36
Figura 15. Distribuição da frequência das atividades avaliadas no subdomínio Explicação e Representação de Reações Químicas em função do IPE.....	36
Figura 16. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	42
Figura 17. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades do grupo da Ocorrência de Reações Químicas	42
Figura 18. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades do grupo da Ocorrência de Reações Químicas	42
Figura 19. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	48
Figura 20. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades no grupo das Reações de Oxidação-Redução	48
Figura 21. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades no grupo das Reações de Oxidação-Redução.....	48
Figura 22. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	54
Figura 23. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades no grupo da Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Materiais ...	55

Figura 24. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades no grupo da Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Materiais	55
Figura 25. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	60
Figura 26. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades do grupo das Reações de Ácido-Base	60
Figura 27. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades do grupo das Reações de Ácido-Base.....	60
Figura 28. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	66
Figura 29. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades no grupo das Reações de Precipitação	66
Figura 30. Renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades no grupo das Reações de Precipitação	66
Figura 31. Frequência das atividades avaliadas no subdomínio Tipos de Reação Química em função do IPE.	70
FIGURA 32. Distribuição da frequência das atividades avaliadas no subdomínio Tipos de Reação Química em função do IPE.	70
Figura 33. Pontuação dos perigos das substâncias envolvidas nas atividades; A – saúde humana; B – ambiente; C – perigos físicos.	75
Figura 34. Degradabilidade das substâncias envolvidas nas atividades do grupo da Velocidade das Reações Químicas	75
Figura 35. Renovabilidade reagentes/matérias-primas envolvidas nas atividades do grupo da Velocidade das Reações Químicas	75
Figura 36. Frequência das atividades no subdomínio Velocidade de Reações Químicas em função do IPE.	80
Figura 37. Distribuição da frequência das atividades avaliadas no subdomínio Velocidade de Reações Químicas em função do IPE.....	80
Figura 38. Frequência das atividades avaliadas em função do IPE.....	81
Figura 39. Distribuição da frequência das atividades avaliadas em função do IPE (%)... ..	82
Figura 40. Número de substâncias em função do cumprimento dos seis princípios avaliados; ■ pontuação 3, ■ pontuação 2 e ■ pontuação 1.....	82
Figura 41. Percentagem de substâncias em função dos perigos para a saúde humana, ambiente e físicos; ■ perigo elevado, ■ perigo moderado e ■ sem indicação de perigo ..	83
Figura 42. (A) Degradabilidade das substâncias e (B) renovabilidade dos reagentes/matérias-primas envolvidos nas atividades	84
Figura 43. (A) Percentagem de substâncias de uso comum no quotidiano e (B) percentagem de atividades que usam essas substâncias.....	84
Figura 44. Percentagem de atividades (A) realizadas à temperatura e pressão ambientais, (B) que usam substâncias degradáveis e (C) que usam reagentes/matérias-primas renováveis.	85
Figura 45. Percentagem de atividades que envolvem; ■ apenas substâncias sem indicação de perigos, ■ pelo menos uma substância com perigo moderado e ■ pelo menos uma substância com perigo elevado.....	85
Figura 46. Percentagem de atividades que envolvem; ■ apenas resíduos sem indicação de perigos, ■ pelo menos um resíduo com perigo moderado e ■ pelo menos um resíduo com perigo elevado	85

LISTA DE ABREVIATURAS

EV	Estrela Verde
GHS	Globally Harmonized System (Sistema Global Harmonizado)
IPE	Índice de preenchimento da Estrela
QV	Química Verde
SDS	Safety Data Sheet (Ficha de Dados de Segurança)

1. INTRODUÇÃO

A Química Verde (QV)¹ surgiu no início da década do século passado, no contexto industrial, com o reconhecimento da produção de grandes quantidades de resíduos, advindos da produção de produtos químicos a grande escala, e seus efeitos ao nível do ambiente e na saúde humana. A Indústria Química, devido à sua importância ao nível industrial, motivou o surgimento da QV como suporte do Desenvolvimento Sustentável potenciando a Química como uma atividade com menor impacto ao nível ambiental e humano sem prejudicar o seu progresso.

A QV surge, portanto, num contexto não educacional e posteriormente os doze princípios da QV, formulados por Anastas & Warner¹, são dirigidos a químicos académicos de laboratório.

A introdução da QV e seus princípios no ensino poderá passar pelas atividades laboratoriais podendo desta forma os docentes (e posteriormente os estudantes) ficarem sensibilizados para a importância de reduzir, ou mesmo eliminar, o uso e produção de substâncias com perigos para a saúde humana e ambiente.

Com este trabalho pretende dotar-se os professores de Ciências Físico-Químicas de uma ferramenta simples que lhes permitirá uma maior aproximação à Química Verde (QV), concretamente ao nível do ensino básico.

Os professores deparam-se muitas vezes nas escolas com problemas de manuseamento e eliminação de substâncias perigosas e demonstram cada vez mais uma maior preocupação com esta temática. No entanto, na maior parte das vezes, acabam por eliminar as substâncias envolvidas nas atividades pela banca dos laboratórios sem refletir sobre os seus efeitos no meio ambiente nem mesmo sobre o perigo do seu manuseamento por si e por parte dos estudantes.

Já existem estudos realizados ao nível das atividades laboratoriais do ensino secundário^{2,3}, mas parece-me importante que os professores contactem desde cedo com a QV, sendo por isso importante iniciá-lo a partir do ensino básico e daí a importância desta análise.

1.1 IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS E DA SUA DIVULGAÇÃO

A produção de recursos didáticos que contemplem a prática da QV e sua divulgação revestem-se de extrema importância, pois permitirão motivar e auxiliar os professores na escolha e realização de atividades laboratoriais mais “verdes”. Este facto assume maior importância no ensino básico uma vez que não existe nas atuais orientações curriculares⁴ e metas curriculares⁵ uma especificação das atividades a desenvolver (nem protocolos experimentais com indicação de substâncias a utilizar), ao nível das Ciências Físico-Químicas, cabendo esta escolha a cada docente. O que se verifica, sustentado pelas escolas onde tenho passado, é que os professores acabam por seguir as indicações do manual adotado na escola ou, eventualmente, doutros manuais, acerca das atividades a desenvolver, seguindo os protocolos e utilizando as substâncias por eles indicadas, não estando muitas vezes cientes dos perigos a que estão expostos, a que expõem os seus estudantes e a que sujeitam o ambiente.

Neste sentido, os documentos referentes ao trabalho desenvolvido nesta tese, foram divulgados na página de internet “*Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde*” (<http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/home>), estando assim facilmente acessíveis a outros professores e permitindo-lhes uma reflexão prévia e escolha mais consciente no que se refere aos perigos associados às mesmas. É apresentada uma grande panóplia de atividades, com a respetiva análise de verdura, que permitirão aos professores uma escolha mais verde, com substâncias que envolvam menores perigos.

No desenvolvimento deste trabalho indicam-se algumas propostas de otimização (sempre que é possível) das atividades apresentadas no sentido de aumentar a sua verdura e orientar os docentes nas suas escolhas.

1.2 FINALIDADES DA TESE

O ensino da Química para a Sustentabilidade deve começar, antes de mais, pelos próprios professores, enfatizando-se aqui a formação dos mesmos, quer a nível da formação inicial, quer a nível da formação contínua. A perspetiva da QV deve estar cada vez mais presente na formação dos professores pois são estes o “veículo de transporte” de conhecimentos para os alunos e que poderão mudar as mentalidades das gerações futuras promovendo o desenvolvimento de uma cultura que promova a Sustentabilidade e enfatizando a importância de uma Química desenvolvida para a Sustentabilidade.

Nas orientações curriculares⁴, do ensino básico ao nível das Ciências Físico-Químicas, é apontada a literacia científica como fundamental para o exercício pleno da cidadania, devendo os estudantes desenvolver um conjunto de competências relevantes em diferentes domínios, nomeadamente as atitudes e para tal *“Apela-se para a implementação de experiências educativas onde o aluno desenvolva atitudes inerentes ao trabalho em Ciência, ..., respeitando a ética e sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacto na sociedade e ambiente.”* Tal só será alcançado fomentado pelos professores e potenciado por uma perspetiva da QV.

Os instrumentos desenvolvidos neste trabalho pretendem ser uma contribuição para a introdução da QV no ensino básico de uma forma simples e exequível ao nível escolar.

1.3 OBJETIVOS DA TESE

Este trabalho tem como objetivo principal a avaliação da verdura das atividades laboratoriais de manuais escolares, do oitavo ano de escolaridade, aplicando a métrica holística Estrela Verde (EV).

A avaliação da verdura das atividades permite, também, uma reflexão sobre procedimentos sugeridos, substâncias envolvidas nas mesmas e formas de as melhorar, tornando-as mais verdes.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese encontra-se organizada em 4 capítulos e é iniciada pela presente introdução, onde é feita uma breve contextualização deste trabalho.

No capítulo 2 é efetuada uma apresentação da métrica holística da avaliação de verdura – a (EV), da sua fundamentação e construção.

No capítulo 3 apresenta-se a avaliação do grau de verdura das atividades laboratoriais, utilizando a EV, de manuais do ensino básico, do oitavo ano de escolaridade, pois como já foi referido não existe nas orientações⁴ e metas curriculares⁵ uma especificação das atividades a desenvolver neste nível de escolaridade. Também se apresentam as tabelas elaboradas com a pontuação de todas as substâncias utilizadas nas atividades avaliadas bem como alguns aspetos específicos tidos em conta na elaboração das tabelas e pontuação, quer dos perigos quer dos princípios.

No capítulo 4 apresentam-se as conclusões gerais do trabalho desenvolvido, tendo em conta variadas vertentes, nomeadamente, avaliação da verdura das atividades, implicações educacionais e desenvolvimento profissional e pessoal advindo do desenvolvimento deste trabalho.

2. MÉTRICA HOLÍSTICA DE AVALIAÇÃO DE VERDURA – ESTRELA VERDE

2.1 OBJETIVOS

Neste capítulo apresenta-se a métrica EV bem como as etapas seguidas na sua construção.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO DA EV E SUA CONSTRUÇÃO

A EV é uma métrica holística (avalia de uma forma global e sistemática) que considera, simultaneamente, todos os Doze Princípios da QV^{1,5} aplicáveis a cada situação laboratorial em análise.

Dado que em contexto escolar não se realiza a conceção de novos produtos químicos, à qual os P4 e P11 dizem respeito, estes princípios não são pontuados, pois não se aplicam. Dada a especificidade das atividades analisadas (não sínteses) o número de princípios fica reduzido a seis (P1; P5; P6; P7; P10 e P12).

Esta métrica (EV), de natureza gráfica, é constituída por uma estrela⁷⁻¹¹ com tantas pontas quantos os Princípios da QV aplicáveis. Os resultados da verdura de cada um dos princípios são representados num gráfico "radar" Excel em que o comprimento de cada ponta é tanto maior quanto melhor for o cumprimento do respetivo princípio, ou seja, a verdura é proporcional à área de preenchimento verde da estrela. Se todos os princípios forem cumpridos, pontuação 3, obtém-se uma estrela de verdura máxima. Se pelo contrário, se atribuir a pontuação 1 a todos os princípios obtém-se uma estrela de verdura mínima.

Finalmente, é calculado um Índice de Preenchimento da Estrela (IPE)⁷⁻¹¹ que se define como a percentagem de área verde da estrela relativamente à área de uma estrela de verdura máxima:

$$\text{IPE} = (100 \times \text{área verde da estrela} / \text{área verde da estrela de verdura máxima})$$

Para a estrela de verdura máxima, IPE=100 %, para a de mínima, IPE=0 %.

A comparação da verdura das atividades pode ser efetuada a partir dos valores percentuais de IPE (Índice de Preenchimento da Estrela) da respetiva estrela, que apresentará o seu valor máximo, 100%, no caso de a atividade cumprir todos os princípios de QV, apresentando nesse caso uma estrela completamente verde.

No entanto, o IPE é apenas um indicador que nos apresenta uma visão global da verdura das atividades não nos indicando aspetos a melhorar. A vantagem da EV é, principalmente, permitir identificar aspetos a melhorar nas atividades no sentido de aumentar a sua verdura.

2.2.1 DEFINIÇÃO DE CRITÉRIO

No quadro 1 apresentam-se os critérios de aferição do grau de verdura que tiveram como base os Doze Princípios da QV, dos quais se consideraram apenas os seis já referidos.

QUADRO 1. OS DOZE PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE¹

<p>1 – Prevenção É melhor prevenir a formação de resíduos do que ter de tratá-los, depois de se terem criado, para eliminar as suas propriedades tóxicas.</p> <p>2 – Economia atómica Os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a maximizar a incorporação no produto final de todas as substâncias usadas ao longo do processo.</p> <p>3 – Sínteses menos perigosas Sempre que possível, os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a usar e produzir substâncias não tóxicas (ou pouco tóxicas) para a saúde humana e a ecossfera.</p> <p>4 – Planificação a nível molecular de produtos mais seguros Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo a cumprir as funções desejadas e a minimizar a sua toxicidade.</p> <p>5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes para promover separações, etc) deve ser evitado sempre que possível; quando usados, esses agentes devem ser inócuos.</p> <p>6 – Planificação para conseguir eficiência energética Deve-se reconhecer os impactos económicos e ambientais dos requisitos energéticos dos processos químicos e minimizá-los; quando possível, os métodos sintéticos devem ser realizados à temperatura e pressão ambientais ou próximas destas.</p> <p>7 – Uso de matérias primas renováveis Sempre que for técnica e economicamente praticável, devem-se usar matérias primas e recursos renováveis de preferência a não renováveis.</p> <p>8 – Redução das derivatizações Devem-se minimizar ou, se possível, evitar derivatizações (uso de grupos bloqueadores, de passos de proteção/desproteção, e de modificações temporárias na molécula para permitir processos físicos/químicos) porque tais etapas requerem reagentes adicionais e podem produzir resíduos.</p> <p>9 – Catalisadores Devem-se preferir reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) a reagentes estequiométricos.</p> <p>10 – Planificação para a degradação Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo que no fim do seu uso não persistam no ambiente e se decomponham em produtos de degradação inócuos.</p> <p>11 – Análise para a prevenção da poluição em tempo real Deve-se procurar usar métodos analíticos que permitam monitorização direta dos processos de fabrico em tempo real e controlo precoce da formação de substâncias perigosas.</p> <p>12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes As substâncias usadas e as formas da sua utilização nos processos químicos de fabrico devem minimizar o potencial de ocorrência de acidentes químicos, tais como fugas, explosões e incêndios</p>

Para a construção da EV, para cada atividade, foi necessário proceder ao levantamento de todas as substâncias e/ou materiais utilizados e agrupá-los da seguinte forma:

- Reagentes: substâncias/matérias-primas/materiais que serão manuseados durante a atividade.
- Substâncias auxiliares: substâncias que apenas auxiliam o processo, por exemplo, para o aquecimento (lâmpara de álcool) e/ou banho-maria, como isolantes, entre outros.
- Resíduos: todas as substâncias/materiais que, após a atividade, não podem ser reutilizados e/ou reaproveitados para outras atividades sendo por isso descartados.

Para cada uma das substâncias, recolheram-se as informações necessárias para a construção da EV, nomeadamente as advertências de perigo (Hazard statements) – perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos – usadas na rotulagem das embalagens, consultando, as fichas de dados de segurança SDS (Safety Data Sheet), disponibilizadas nos websites de diversos fornecedores¹²⁻¹⁴ de substâncias químicas.

Para além das informações sobre os perigos das substâncias, foram também recolhidas informações sobre a sua degradabilidade e se estas constituem ou são obtidas de matérias-primas renováveis. No caso das informações recolhidas não serem consistentes para algum dos aspetos, usou-se o valor mais penalizador, por razões de segurança. Em situações de informação inexistente, atribuiu-se, por precaução, a pior pontuação.

2.2.2 SISTEMA GLOBAL HARMONIZADO (GHS)

Na regulamentação GHS as substâncias e misturas são classificadas de acordo com os seus perigos físicos, para a saúde humana e para o ambiente. Para cada um deles, as classes de perigo são estabelecidas as quais definem a natureza do perigo físico, saúde ou o ambiente. A divisão de cada classe de perigo é efetuada, com base na severidade, em diversas categorias que se apresentam na Tabela 1¹⁵.

TABELA 1: CLASSES E CATEGORIAS DE PERIGO (GHS)¹⁵ (autorizada a reprodução pelos autores).

Perigos	Classes de perigo	Categorias de perigo
Perigos físicos	Explosivos	- Explosivos instáveis - Divisões 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6
	Gases inflamáveis (incluindo gases quimicamente instáveis)	- Categorias 1, 2 - Categoria A (gases quimicamente instáveis) - Categoria B (gases quimicamente instáveis)
	Aerossóis	- Categorias 1, 2, 3
	Gases comburentes	- Categoria 1
	Gases sob pressão	- Gases comprimidos - Gases liquefeitos - Gases liquefeitos refrigerados - Gases dissolvidos
	Líquidos inflamáveis	- Categorias 1, 2, 3, 4
	Sólidos inflamáveis	- Categorias 1, 2
	Substâncias e misturas auto-reativas	- Tipo A - Tipo B - Tipos C e D - Tipos E e F - Tipo G
	Líquidos pirofóricos	- Categoria 1
	Sólidos pirofóricos	- Categoria 1
	Substâncias e misturas suscetíveis de auto-aquecimento	- Categorias 1, 2
	Substâncias e misturas que libertam gases inflamáveis em contacto com água	- Categorias 1, 2, 3
	Líquidos comburentes	- Categorias 1, 2, 3
	Sólidos comburentes	- Categorias 1, 2, 3
	Peróxidos orgânicos	- Tipo A - Tipo B - Tipos C e D - Tipos E e F - Tipo G
	Substâncias e misturas corrosivas para os metais	- Categoria 1
Perigos para a saúde humana	Toxicidade aguda	- Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (oral) - Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (cutânea) - Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (inalação)
	Corrosão/irritação cutânea	- Categorias 1, 2, 3
	Lesões oculares graves/irritação ocular	- Categorias 1, 2, 2A, 2B
	Sensibilização respiratória	- Categorias 1, 1A, 1B
	Sensibilização cutânea	- Categorias 1, 1A, 1B
	Mutagenicidade em células germinais	- Categorias 1, 1B, 2
	Carcinogenicidade	- Categorias 1, 1B, 2
	Toxicidade reprodutiva	- Categorias 1, 1B, 2 - Categoria adicional sobre efeitos sobre / através da lactação
	Toxicidade para órgãos-alvo específicos por exposição única	- Categorias 1, 2, 3
	Toxicidade para órgãos-alvo específicos por exposição repetida	- Categorias 1, 2
Perigos para o ambiente	Perigoso para o meio ambiente aquático agudo	- Agudo 1 - Agudo 2 - Agudo 3
	Perigoso para o meio ambiente aquático crónico	- Crónico 1 - Crónico 2 - Crónico 3 - Crónico 4
	Perigo para a camada de ozono	- Categoria 1

A cada classe e categoria de perigo são atribuídas advertências de perigo, frases que descrevem a natureza e grau de perigo, caracterizando-o. As advertências de perigo são representadas por códigos de perigo, compostos pela letra H (Hazard) e um número inicial (2 para perigos físicos, 3 para perigos para a saúde humana e 4 para perigos para o ambiente), tal como mostra a Fig. 1.A. No entanto, o código de perigo é para ser utilizado como referência à respetiva advertência de perigo e não para sua substituição. Outras advertências de perigo, representadas por códigos de perigo iniciados pelas letras EUH seguidas de um número, são utilizadas apenas em países da União Europeia (UE).

As recomendações de prudência são frases que descrevem procedimentos recomendados que minimizam ou previnem efeitos adversos (resultantes da exposição, manuseamento ou armazenamento impróprio) causado por substâncias e misturas perigosas. A representação destas frases faz-se, também, por códigos compostos pela letra P (Precautionary) e um número cujo primeiro algarismo indica o tipo de recomendação: 1 para gerais, 2 para prevenção, 3 para resposta, 4 para armazenamento e 5 para eliminação. Apresenta-se na Fig 1.B um exemplo das recomendações de prudência e sua interpretação.

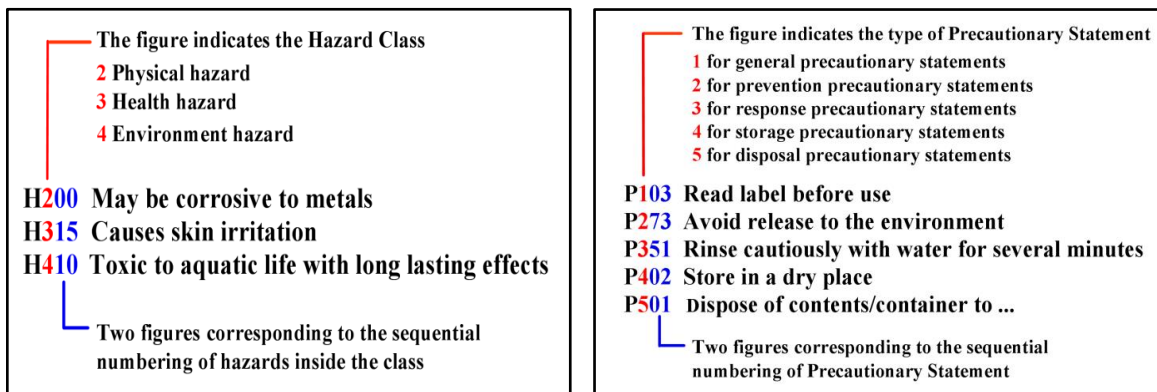


FIGURA 1.A. EXEMPLOS DE ADVERTÊNCIAS DE PERIGO E INTERPRETAÇÃO DOS CÓDIGOS DE PERIGO; 1.B. EXEMPLOS DE RECOMENDAÇÕES DE PRUDÊNCIA E INTERPRETAÇÃO DOS CÓDIGOS¹⁵ (autorizada a reprodução pelos autores).

Também são definidos no GHS pictogramas, elemento gráfico que transmite informação sucinta sobre os perigos, e palavras-sinal (perigo ou atenção), que indicam o nível relativo da severidade do perigo. Os pictogramas e as respetivas classes e categorias de perigo que lhes estão atribuídas são apresentados na Fig 2. Embora, a

todas as substâncias ou misturas perigosas sejam atribuídas advertências de perigo, nem sempre estas são assinaladas com pictogramas ou palavras-sinal.

<p>Bomba a explodir</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Explosivos instáveis - Explosivos das divisões 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 - Substâncias e misturas auto-reativas, Tipos A,B - Peróxidos orgânicos, Tipos A,B 	<p>Chama sobre círculo</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Gases comburentes, categoria 1 - Líquidos comburentes, categorias 1,2,3 - Sólidos comburentes, categorias 1,2,3 	<p>Caveira sobre tibias cruzadas</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Toxicidade aguda (via oral, cutânea, inalatória), categorias 1,2,3
<p>Garrafa de gás</p>  <p>Gases sobre pressão:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gases comprimidos - Gases liquefeitos - Gases liquefeitos refrigerados - Gases dissolvidos 	<p>Corrosão</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Corrosivos para os metais, categoria 1 - Corrosão cutânea, categorias 1A,1B,1C - Lesões oculares graves, categoria 1 	<p>Ambiente</p>  <p>Perigoso para o ambiente aquático</p> <ul style="list-style-type: none"> - perigo agudo, categoria 1 - perigo crónico, categoria 1, 2
<p>Perigo para a saúde</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilização respiratória, categoria 1 - Mutagenicidade em células germinativas, categorias 1A,1B,2 - Carcinogenicidade, categorias 1A,1B,2 - Toxicidade reprodutiva, categorias 1A,1B,2 - Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única, categorias 1, 2 - Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida, categorias 1,2 - Perigo de aspiração, categoria 1 	<p>Ponto de exclamação</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Toxicidade aguda (via oral, cutânea, inalatória), categoria 4 - Irritação cutânea, categoria 2 - Irritação ocular, categoria 2 - Sensibilização cutânea, categoria 1 - Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única, categoria 3 - Irritação das vias respiratórias - Efeitos narcóticos 	<p>Chama</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Gases inflamáveis, categoria 1 - Aerossóis inflamáveis, categorias 1, 2 - Líquidos inflamáveis, categorias 1, 2, 3 - Substâncias e misturas auto-reativas, Tipos B,C,D,E,F - Líquidos pirofóricos, categoria 1 - Sólidos pirofóricos, categoria 1 - Substâncias e misturas suscetíveis de auto-aquecimento, categorias 1,2 - Substâncias e misturas que, em contacto com a água, libertam gases inflamáveis, categorias 1,2,3 - Peróxidos orgânicos, Tipos B,C,D,E,F

FIGURA 2. EXEMPLOS DE ADVERTÊNCIAS DE PERIGO E INTERPRETAÇÃO DOS CÓDIGOS DE PERIGO¹⁵ (autorizada a reprodução pelos autores).

Na Fig. 3, apresenta-se um exemplo dos perigos, obtidos da Sigma-Aldrich¹², para o nitrato de chumbo, uma das substâncias utilizadas nas atividades analisadas em diversos contextos.


Classificação da substância ou mistura		
Sólidos comburentes (Categoria 2) Toxicidade aguda, Oral (Categoria 2) Toxicidade aguda, Inalação (Categoria 4) Lesões oculares graves (Categoria 1) Toxicidade reprodutiva (Categoria 1A) Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida (Categoria 2) Toxicidade aguda para o ambiente aquático (Categoria 1) Toxicidade crónica para o ambiente aquático (Categoria 1)		
Elementos da etiqueta		
Pictogramas		
Palavra sinal	Perigo	
Advertências de perigo	H272	Pode agravar incêndios; comburente.
	H302 + H332	Nocivo por ingestão ou inalação
	H318	Provoca lesões oculares graves.
	H360Df	Pode afectar o nascituro. Suspeito de afectar a fertilidade.
	H373	Pode afectar os órgãos após exposição prolongada ou repetida.
Recomendações de prudência	H410	Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
	P201	Pedir instruções específicas antes da utilização.
	P220	Manter/guardar afastado de roupa/matérias combustíveis.
	P273	Evitar a libertação para o ambiente.
	P280	Usar luvas de protecção/ protecção ocular/ protecção facial.
	P305 + P351 + P338	SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
	P308 + P313	EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: consulte um médico.

FIGURA 3. PERIGOS (GHS) PARA O NITRATO DE CHUMBO; INFORMAÇÃO OBTIDA DO SDS DA SIGMA-ALDRICH¹²

2.2.3 CONSTRUÇÃO DA EV

Para a construção da EV é atribuída a cada substância envolvida uma pontuação de 1 (benignidade máxima) a 3, de acordo com os perigos físicos, para a saúde humana e para o ambiente, seguindo critérios que são apresentados na Tabela 2¹⁵.

TABELA 2. PONTUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DA MÉTRICA ESTRELA VERDE (EV), SEGUNDO A REGULAMENTAÇÃO GHS¹⁵ (autorizada a reprodução pelos autores).

Perigos		Códigos de perigo	Pontuação / Classificação para EV
Físicos	Advertências de perigo	H200, H201, H202, H203, H205, H220, H222, H224, H225, H228 (categoria 1), H230, H270, H271, H272 (categoria 2), H240, H241, H242 (Tipo C & D), H250, H251, H260, H261 (categoria 2)	3
		H204, H221, H223, H226, H227, H228 (categoria 2), H229, H231, H272 (categoria 3), H242 (Tipo E & F), H252, H261 (categoria 3), H280, H281, H290	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH001, EUH 006, EUH 014, EUH 018, EUH 019, EUH044, EUH 209	3
		EUH209A	2
		Sem indicação	1
Saúde humana	Advertências de perigo	H300, H301, H304, H310, H311, H314, H318, H330, H331, H334, H340, H341, H350, H351, H360, H361, H370, H371, H372, H373	3
		H302, H305, H312, H315, H317, H319, H332, H335, H336, H362	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH029, EUH031, EUH032, EUH070, EUH071, EUH201, EUH202, EUH206, EUH207	3
		EUH066, EUH201A, EUH203, EUH204, EUH205, EUH208	2
		Sem indicação	1
Ambiente	Advertências de perigo	H400, H401, H410, H411, H420	3
		H402, H412, H413	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH059	3
		Sem indicação	1

A EV é construída atribuindo a pontuação 1, 2 ou 3 (máximo de verdura) a cada um dos Doze Princípios da QV tidos em conta, de acordo com os critérios definidos na Tabela 3^{9-11,15,16}.

TABELA 3. CRITÉRIOS PARA PONTUAÇÃO (P) DOS PRINCÍPIOS DA QV PARA CONSTRUÇÃO DA ESTRELA VERDE^{9-11,15,16}.

Princípio da QV	Critérios	p
P1 – Prevenção	Todos os resíduos são inócuos (p=1, tabela 1a)	3
	Resíduos que envolvam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Formação de pelo menos um resíduo que envolva perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P2- Economia atómica	Reações sem reagentes em excesso ($\leq 10\%$) e sem formação de coprodutos	3
	Reações sem reagentes em excesso ($\leq 10\%$) e com formação de coprodutos	2
	Reações com reagentes em excesso ($> 10\%$) e sem formação de coprodutos	2
	Reações com reagentes em excesso ($> 10\%$) e com formação de coprodutos	1
P3 – Sínteses menos perigosas	Todas as substâncias envolvidas são inócuas (p=1, tabela 1)	3
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas (p1, tabela 1)	3
	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P6 – Planificação para conseguir eficácia energética	Temperatura e pressão ambientais	3
	Pressão ambiental e temperatura entre 0°C e 100°C que implique arrefecimento ou aquecimento	2
	Pressão diferente da ambiental e/ou temperatura > 100 °C or menor do que 0 °C	1
P7 – Uso de matérias primas renováveis	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis (p=1, tabela 2)	3
	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=1, tabela 2)	2
	Nenhum dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=3, tabela 2)	1
P8 – Redução de derivatizações	Sem derivatizações ou com uma etapa	3
	Usa-se apenas uma derivatização ou duas etapas	2
	Usam-se várias derivatizações ou mais do que duas etapas	1
P9 – Catalisadores	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos (p1, tabela 1)	3
	Utilizam-se catalisadores que envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1)	2
	Utilizam catalisadores que envolvem perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P10 – Planificação para a degradação	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p=1, tabela 2)	3
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos (p=2, tabela 2)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratado para obter a sua degradação com produtos de degradação inócuos (p=3, tabela 2)	1
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	As substâncias envolvidas apresentam perigo baixo de acidente químico (p=1, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	3
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado de acidente químico (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3, considerando os perigos físicos e de saúde)	2
	As substâncias envolvidas apresentam perigo elevado de acidente químico (p=3, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	1

Pontuam-se também as substâncias de acordo a sua degradabilidade e renovabilidade, seguindo os critérios apresentados na Tabela^{9-11,15,16}.

TABELA 4. CRITÉRIOS PARA PONTUAÇÃO DA DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE PARA CONSTRUÇÃO DA MÉTRICA ESTRELA VERDE (EV)^{9-11,15,16}.

Característica	Critério	Pontuação / Classificação para EV
Degradabilidade	Não degradáveis e que não possam ser tratados para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	3
	Não degradáveis mas que possam ser tratadas para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	2
	Degradáveis com produtos de degradação inócuos	1
Renovabilidade	Não renováveis	3
	Renováveis	1

No caso de não haver informações consistentes ou suficientes para pontuar alguma das substâncias ou algum dos princípios, considera-se a situação de maior perigo ou mais desfavorável e atribui-se o valor mais penalizador por razões de segurança.

3. AVALIAÇÃO DA VERDURA DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS PROPOSTAS EM MANUAIS DO 8ºANO DE ESCOLARIDADE

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a avaliação da verdura química de atividades laboratoriais propostas em manuais escolares do 8ºano de escolaridade editados entre 2007 e 2010, com revisão científica. Foram avaliadas atividades laboratoriais de nove manuais e respetivos cadernos de laboratório, de atividades ou do aluno¹⁷⁻³¹, de sete editoras, passíveis de serem adotados em escolas públicas conforme indicação da DGE (Direção Geral de Educação)³² no ano letivo 2013/2014.

Inicialmente foi efetuado o levantamento de todas as atividades propostas em manuais do oitavo ano de escolaridade, incluindo três das temáticas apontadas nas orientações curriculares (Reações Químicas, Mudança Global e Gestão Sustentável de Recursos) da componente de Química do Tema Geral Sustentabilidade na Terra.

No entanto, num segundo momento apenas se analisaram atividades enquadradas na temática Reações Químicas. Nesta temática, segundo as orientações curriculares⁴ pretende-se *“que os alunos compreendam que a Química se refere ao modo como os materiais se transformam para originar outras substâncias. A matéria pode sofrer uma variedade de mudanças, rápidas ou lentas, espetaculares ou impercetíveis, com ou sem libertação de calor. Incentivar os alunos a identificar, no mundo à sua volta, reações químicas e a apresentar evidências (mudanças de cor ou de temperatura, produção de gases ou de sólidos) que apoiem os seus resultados.”* – sendo este o objetivo geral das atividades analisadas.

O enquadramento das atividades laboratoriais dos manuais avaliados teve em conta a organização constante das metas curriculares⁵ estabelecidas pelo Ministério da Educação e que entrarão em vigor no ano letivo 2014-2015, para o oitavo ano de escolaridade⁶. Apresenta-se na Fig. 4 um esquema de divisão das atividades laboratoriais que serão avaliadas.

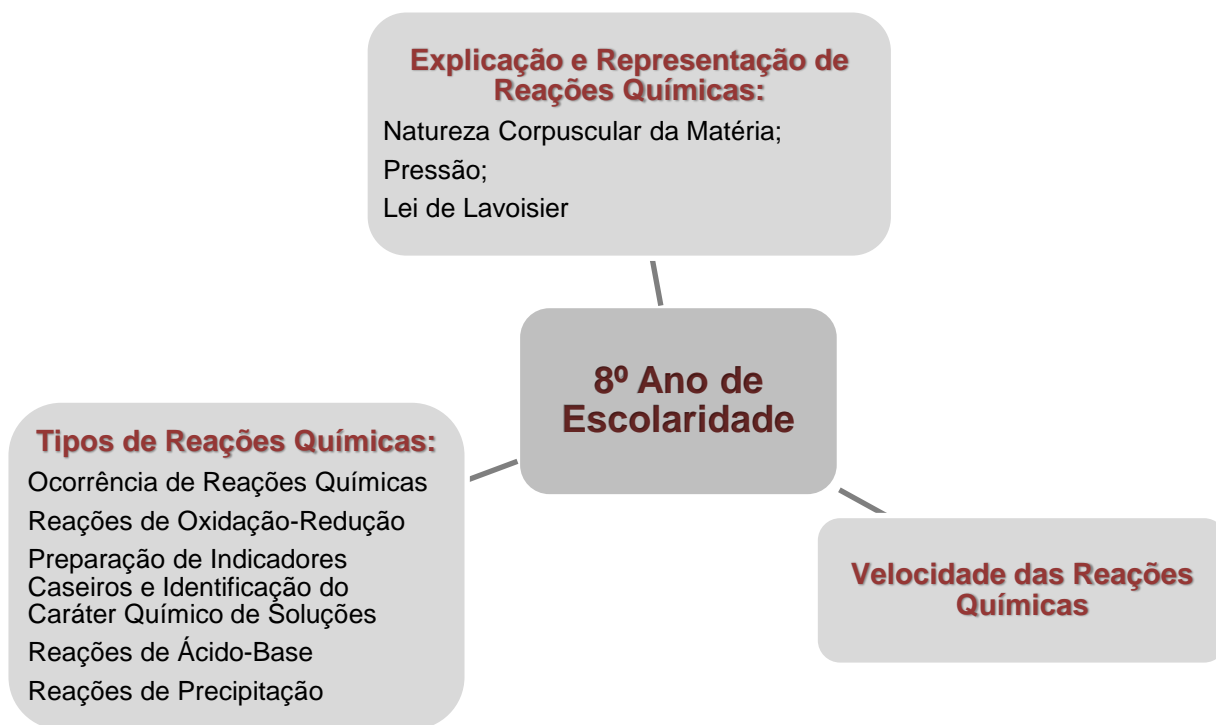


FIGURA 4. ESQUEMA DA DIVISÃO DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS AVALIADAS.

A avaliação da verdura química de cada atividade laboratorial foi realizada através da métrica holística Estrela Verde (EV)^{7,11} construída conforme foi descrito no capítulo 2. Para a construção da EV para cada atividade foi necessário efetuar um levantamento de todas as substâncias envolvidas nas atividades e recolher informação acerca dos seus perigos tendo-se avaliado também a sua degradabilidade e renovabilidade. Utilizando o Sistema Global Harmonizado (*Globally Harmonized System*, GHS), as substâncias foram classificadas segundo as informações dos códigos de perigo e estes foram pontuados para a saúde humana, ambiente e físicos.

Para cada atividade laboratorial analisada apresenta-se a EV construída conforme foi descrito no capítulo 2. Foram construídas, para cada uma das atividades, tabelas onde se indicam as pontuações para construir as EV, seguindo os critérios definidos no capítulo 2. Foram ainda elaboradas fichas de avaliação para todas as atividades analisadas onde se apresenta uma breve descrição da atividade, a EV, bem como as tabelas com as pontuações dos perigos de todas as substâncias envolvidas e pontuação dos seis princípios da QV aplicados a este tipo de atividades. Estas fichas podem ser consultadas em [“Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para](#)

o ensino da Química Verde” (<http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/home>) através dos links associados a cada atividade. Apresentam-se outras informações tais como considerações específicas tidas em conta na construção da EV e perigos associados a algumas substâncias no catálogo digital referido, em “Informações Adicionais”.

Durante a construção das EV e das fichas de avaliação foram encontradas algumas dificuldades, nomeadamente:

- Classificação da Degradabilidade das substâncias – é muito difícil encontrar informação sobre a degradação de uma substância e mesmo que a substância se degrade é necessário saber se as novas substâncias formadas são inócuas (não apresentam perigos). Nos SDS da maioria das substâncias apenas é referido o que fazer para a sua eliminação ou que se deve contactar um profissional para o efeito. Este facto levanta dificuldades na pontuação do princípio 10.

- Divergências entre os SDS disponíveis nas fontes consultadas - verificou-se, por vezes, que as informações variam conforme a origem do SDS. Para ultrapassar essa dificuldade, considerou-se o perigo mais elevado referido nos SDS acessíveis.

- Inexistência de SDS - frequentemente utilizam-se soluções ou soluções diluídas, mas por vezes os SDS disponíveis referem-se apenas às substâncias sólidas ou puras, que podem apresentar um perigo superior ao das soluções, reduzindo, eventualmente, a pontuação dos princípios em causa. Em alguns casos não se encontram mesmo os SDS das substâncias, considerando-se o perigo máximo para a saúde humana, ambiente e físicos.

- Descrições das atividades e elaboração das fichas de avaliação – a elaboração das descrições das atividades a colocar nas fichas de avaliação foi um processo difícil, pois muitas vezes não era claro o objetivo da atividade e noutros a atividade não se enquadrava com o objetivo apresentado. Tentou-se simplificar as descrições de forma a que fosse fácil a sua compreensão.

Para a construção das EV, nomeadamente na elaboração das tabelas e pontuação, quer dos perigos quer dos princípios, foram tidos em conta os seguintes aspetos:

- Em caso de divergência nos perigos apresentados pelas fichas das diferentes empresas para a mesma substância, optou-se por aquela que apresentava perigo mais elevado (como já foi referido).

- Nas atividades em que eram necessárias soluções pouco concentradas, ou em pequenas quantidades, optou-se por considerar as soluções mais diluídas.

- No caso das atividades em que se referiam produtos comerciais, foram analisados os rótulos e considerados os perigos neles constantes, ressaltando-se o facto de alguns rótulos não possuírem advertências de perigos, mas sim símbolos de perigo e pictogramas, nesse caso considerou-se Xi e Xn com pontuação 2 (perigo moderado, *como por exemplo no caso da lixívia*), T e T+ com pontuação 3 (perigo elevado).
- Considerou-se o etanol como o álcool das lamparinas e nos casos em que as atividades apenas indicavam a substância “álcool” ou apenas referiam lamparina.
- Em atividades que apenas indicavam a substância “corante”, considerou-se o corante alimentar por ser não apresentar perigos.
- Considerou-se indicador universal em papel (sem perigos) quando apenas era referido indicador universal e tal não interferia com o procedimento apresentado.
- Considerou-se a parafina como principal constituinte do pavio da vela para a análise da combustão da vela.
- No caso de substâncias em solução aquosa, para as quais não existia ficha de segurança, considerou-se o SDS da substância sólida e incluiu-se nos reagentes a água necessária à preparação das soluções aquosas.
- Quando referido o papel de alumínio como substância auxiliar considerou-se sem perigos, tendo em conta o rótulo da embalagem comercial.
- Consideraram-se as latas de alumínio sem perigos tendo em conta a inexistência de indicação de perigos nas próprias latas.
- Os pregos não foram incluídos como resíduo, pois poderão ser recuperáveis, ainda que tenham que ser sujeitos a algum processo de limpeza.
- O palha d’ aço foi incluído nos resíduos, pois não é viável a sua recuperação.
- Nas atividades em que são utilizadas apenas algumas gotas de uma determinada substância, como no caso dos indicadores ácido-base (fenolftaleína, tintura azul de tornessol ou indicador universal), estes não foram incluídos como resíduo.
- Nas atividades que permitiam optar entre duas substâncias foi escolhida a menos perigosa.
- Considerou-se, de entre as soluções de tornesol existentes, a solução aquosa, pois é uma solução sem indicação de perigos.
- O dióxido de carbono proveniente da respiração foi considerado como renovável e degradável;

- Nas atividades em que se forma dióxido de carbono ou cloreto de sódio consideram-se degradáveis, mas não renováveis desde que não sejam provenientes de reagentes/matérias-primas renováveis.

- Nas atividades em que se apresentavam várias reações químicas, como cada substância envolve perigos muito diferentes para a saúde humana, para o ambiente e físico, optou-se por separá-las já que isso permitirá aos utilizadores uma opção pelas atividades mais verdes (ao serem divulgadas na página o leitor poderá optar pela menos perigosa).

- Quando se forma oxigénio (como gás), contabilizaram-se todos os seus perigos; no entanto, quando se liberta para o ar (não pressurizado) não foi considerado o H280; o mesmo para o dióxido de enxofre.

- Nas atividades que envolviam formação de dióxido de carbono e este se liberta para o ar (não pressurizado) considerou-se sem perigos.

- Nas atividades que implicavam o uso de água oxigenada foi considerada a de 10 volumes (3%) – mesmo nos casos em que indicavam 20 ou 30 volumes – pois é suficiente para as reações em questão.

- Nas atividades em que não foi possível identificar o reagente limitante (falta de indicação de concentrações, massas e/ou volumes) não se consideraram os excessos de reagentes, apenas os produtos da reação em questão foram considerados nos resíduos.

- Nas eletrólises considerou-se que as reações são incompletas e por isso as soluções aquosas iniciais foram incluídas nos resíduos.

- Nas atividades em que se formam compostos intermédios, por exemplo, na combustão do enxofre com posterior dissolução em água (liberta-se gas na reação intermédia) estes foram considerados nos resíduos.

- Para as substâncias em que o SDS era desconhecido considerou-se o perigo máximo para a saúde humana, ambiente e físico.

3.2 EXPLICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

O objetivo geral deste subdomínio, apontado nas metas curriculares⁵, é reconhecer a natureza corpuscular da matéria e a diversidade de materiais através das unidades estruturais das suas substâncias e compreender o significado da simbologia química e da conservação da massa nas reações químicas.

Nas orientações curriculares⁴ é sugerida a realização de atividades que permitam relacionar volume, pressão e temperatura de gases e nas metas curriculares⁵ a verificação, através de uma atividade experimental, do que acontece à massa total de substâncias envolvidas numa reação química em sistema fechado.

A maioria das atividades sugeridas nos manuais analisados incide sobre Natureza Corpuscular da Matéria, Pressão e Lei de Lavoisier. A avaliação da verdura vai ser apresentada separadamente para cada um destes temas.

Na Tabela 5 apresentam-se as 23 atividades laboratoriais avaliadas dentro do subdomínio Explicação e Representação de Reações Químicas.

TABELA 5. ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO EXPLICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

Natureza Corpuscular da Matéria	Referências	Anexos
Atividade 1.1: Dissolução de permanganato de potássio em água	(26)	(33)
Atividade 1.2: Dissolução de etanol em água	(23),(27)	(34, alínea a)
Atividade 1.3: Dissolução de permanganato de potássio em água aquecida e arrefecida	(18),(27)	(35)
Atividade 1.4: Dissolução de açúcar em água	(23),(26),(27)	(36)
Atividade 1.5: Dissolução de eosina em água	(23)	(37)
Atividade 1.6: Dissolução de sumo de fruta em água aquecida e arrefecida	(23)	(38)
Atividade 1.7: Variação do volume de um balão cheio de ar com a temperatura	(27)	(39)
Atividade 1.8: Utilização de ar, água e areia para o estudo da agregação da matéria	(25)	(40)
Atividade 1.9: Fusão de manteiga sólida	(30)	(41)
Pressão		
Atividade 2.1: Arrefecer e aquecer ar em balões	(21)	(42)
Atividade 2.2: Aquecer ar num tubo em U:		
2.2a - protocolo 1	(22)	(43, alínea a)
2.2b - protocolo 2	(22)	(43, alínea b)
Atividade 2.3: Introduzir um ovo cozido numa garrafa através do gargalo	(19)	(44)
Atividade 2.4: Colapsar uma lata de refrigerante	(17),(19),(22), (25),(26)	(45)
Atividade 2.5: Inverter um copo a transbordar de água sobre uma folha de cartolina	(19),(25),(26)	(46)
Lei de Lavoisier		
Atividade 3.1: Reação química entre nitrato de chumbo e cloreto de sódio	(31)	(47)
Atividade 3.2: Reação química entre ácido clorídrico e hidrogenocarbonato de sódio	(27)	(48, alínea a)
Atividade 3.3: Reação química entre o vinagre e fermento	(30)	(49, alínea b)
Atividade 3.4: Reação química entre cloreto de sódio e nitrato de prata	(26)	(50, alínea a)
Atividade 3.5: Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio	(17),(21),(24), (25),(26)	(51, alínea b)
Atividade 3.6: Reação química entre sulfato de cobre e hidróxido de sódio	(21)	(52)
Atividade 3.7: Reação química entre cloreto de bário e sulfato de sódio	(21)	(53, alínea a)
Atividade 3.8 Reação química entre ácido clorídrico e magnésio	(18)	(54, alínea b)

3.2.1 NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA

As atividades apontadas pelos manuais neste grupo passam essencialmente por dissoluções, utilizando como solvente a água, a organização dos corpúsculos no estado sólido, líquido ou gasoso e sua variação com a temperatura.

Na Tabela 6 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 6. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Açúcar	1.4	-	1	1	1	1	1
Água	1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8	-	1	1	1	1	1
Água açucarada	1.4	-	1	1	1	1	1
Ar	1.7; 1.8	-	1	1	1	1	1
Areia	1.8	-	1	1	1	1	1
Gelo	1.3	-	1	1	1	1	1
Eosina	1.5	-	1	1	1	3	3
Eosina (sol. aq.)	1.5	-	1	1	1	3	3
Etanol	1.2; 1.6 (lamparina)	H225	1	1	3	1	3
Etanol (sol. aq.)	1.2	H225	1	1	3	1	3
Manteiga (sólida e/ou líquida)	1.9	-	1	1	1	1	1
Permanganato de potássio (sol. aq.) (2,5-10%)	1.1; 1.3	H410	1	3	1	3	3
Permanganato de potássio (sólido)	1.1; 1.3	H272 (categoria 2); H302; H410	2	3	3	3	3
Sumo de fruta (sol. aq.)	1.6	-	1	1	1	1	3
Sumo de fruta (em pó)	1.6	-	1	1	1	1	3

^a SH – Saúde Humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade

Na Fig. 5, apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

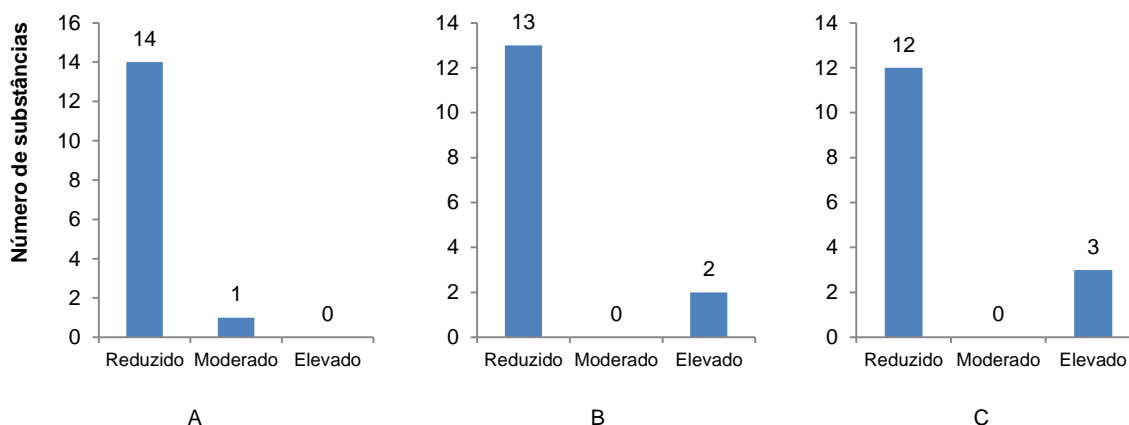


FIGURA 5. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 5 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos. Apenas uma substância apresenta perigo moderado para a saúde (permanganato de potássio sólido), duas apresentam perigo elevado para o ambiente (permanganato de potássio sólido e em solução aquosa) e três apresentam perigo físico elevado (permanganato de potássio sólido, etanol e etanol em solução aquosa). Todas as substâncias são utilizadas no quotidiano, à exceção da eosina e do permanganato de potássio (Tabela 6).

Com os dados da Tabela 6 construíram-se também os gráficos das Fig. 6 e 7 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que cerca de 70% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 6) e cerca de 45% dos reagentes/matérias-primas, são renováveis (Fig. 7).

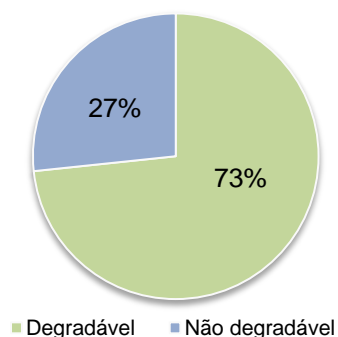


FIGURA 6. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA.

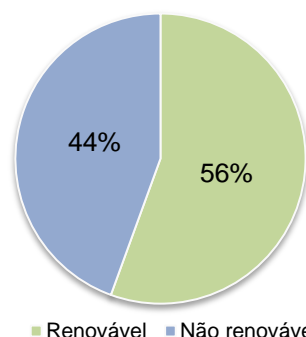


FIGURA 7. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA.

Na Tabela 7 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 7. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA.

1.1. Dissolução de permanganato de potássio em água ^{26,33}	1.2. Dissolução de etanol em água ^{23,27,34a}	1.3. Dissolução de permanganato de potássio em água aquecida e arrefecida ^{18,27,35}	1.5. Dissolução de eosina em água ^{23,37}
IPE = 33,33	IPE = 66,67	IPE = 25,00	IPE = 66,67
1.4. Dissolução de açúcar em água ^{23,26,27,36}	1.7. Variação do volume de um balão cheio de ar com a temperatura ^{27,39}	1.6. Dissolução de sumo de futo em água aquecida e arrefecida ^{23,38}	
1.8. Utilização de ar, água e areia para o estudo da agregação corpuscular da matéria ^{25,40}	1.9. Fusão da manteiga sólida ^{30,41}		
IPE = 100,00	IPE = 91,67	IPE = 58,33	

Análise das EV

Apenas duas das atividades propostas (1.4 e 1.8) cumprem todos os princípios, atingindo a verdura máxima (IPE = 100), pois utilizam substâncias inócuas (sem indicação de perigos), realizam-se em condições de temperatura e pressão ambientais e não são utilizados solventes e/ou substâncias auxiliares.

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois as substâncias auxiliares ou não existem ou não têm indicação de perigo. Na atividade 1.6 é utilizado o etanol como substância auxiliar, para o aquecimento, no entanto este só acarreta perigo físico, o que não penaliza o princípio anterior.

As atividades 1.3, 1.6, 1.7 e 1.9 não cumprem o P6 pois envolvem o aquecimento ou arrefecimento, sendo que as atividades 1.7 e 1.9 apenas não cumprem este princípio.

No que concerne ao princípio 7, não é cumprido nas atividades 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 e 1.6 pois estas envolvem reagentes/matérias-primas (água excluída) não renováveis.

As atividades 1.2, 1.4, 1.6, 1.7, 1.8 e 1.9 cumprem o princípio 10 pois envolvem substâncias degradáveis a produtos inócuos.

Já o cumprimento do princípio 12 é totalmente penalizado nas atividades 1.1, 1.2, 1.3 e 1.6 que envolvem a utilização de substâncias com elevado perigo para a saúde humana e/ou físico, nomeadamente o permanganato de potássio e o etanol.

As atividades 1.1 e 1.3 são as únicas que não cumprem o princípio 1 e que apresentam os valores de IPE mais baixos, essencialmente devido à utilização do permanganato de potássio, que sólido apresenta perigo moderado para a saúde humana e perigos elevados para o ambiente e físico, e em solução aquosa apresenta perigo elevado para o ambiente.

Uma vez que grande parte das atividades deste grupo se refere a dissoluções, não será difícil melhorar a sua verdura pois a opção por substâncias inócuas, degradáveis e renováveis pode ser considerada.

As atividades 1.1 e 1.3 poderiam melhorar significativamente a sua verdura se o permanganato de potássio fosse substituído por corante alimentar que não tem indicação de perigos, sem comprometer os objetivos das mesmas. A utilização de corante alimentar, permitiria o cumprimento integral dos princípios 1 (Prevenção), 10 (Planificação para a degradação) e 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes), melhorando significativamente a EV e respetivo IPE.

No caso da atividade 1.2, o etanol, que envolve perigo físico elevado, também poderia ser substituído por corante alimentar líquido (inócuo), melhorando a verdura da atividade, já que passaria a ser cumprido o princípio 12.

À semelhança das anteriores, a utilização de corante alimentar em detrimento da eosina, na atividade 1.5, melhoraria a verdura da mesma já que permitiria o cumprimento do princípio 10.

Na atividade 1.6 poderia utilizar-se uma placa de aquecimento em detrimento da lamparina de álcool, pois embora o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) continuasse com a mesma pontuação (continuar a envolver aquecimento), o princípio 12 passaria a ser cumprido, já que não haveria utilização do etanol que apresenta perigo físico elevado.

3.2.2 PRESSÃO

As atividades apontadas pelos manuais neste grupo passam essencialmente por aquecimento de ar para relacionar, para a mesma quantidade de gás, variações de pressão, de volume ou de temperatura.

Na Tabela 8 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 8. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA PRESSÃO.

AVALIADAS NO GRUPO DA PRESSÃO.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Água	2.1; 2.2a; 2.3; 2.4; 2.5	-	1	1	1	1	1
Água corada	2.2a	-	1	1	1	1	3
Ar	2.1; 2.2a; 2.2b; 2.3; 2.4	-	1	1	1	1	1
Corante alimentar	2.2a	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono ^a	2.3	-	1	1	1	1	3
Etanol	2.2a (lâmparina); 2.2b (lâmparina); 2.3	H225	1	1	3	1	3
Fluoresceína	2.2b	H319	2	1	1	3	3
Gelo	2.1; 2.4	-	1	1	1	1	1
Lata de refrigerante	2.4	-	1	1	1	3	3
Ovo cozido	2.3	-	1	1	1	1	1
Papel	2.5	-	1	1	1	1	1

^a SH – Saúde Humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 8, apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

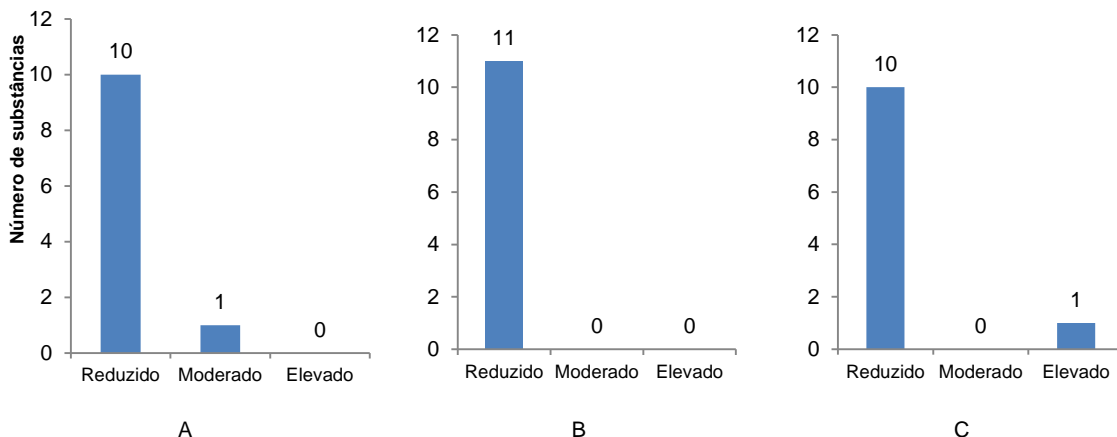


FIGURA 8. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 8 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos. Em termos de perigos para o ambiente todas as substâncias apresentam perigo reduzido. Apenas uma substância apresenta perigo físico elevado (etanol) e outra perigo moderado para a saúde humana (fluoresceína).

Com os dados da Tabela 8 construíram-se também os gráficos das Fig. 9 e 10 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que cerca de 80% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 9) e metade, 50%, dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 10).

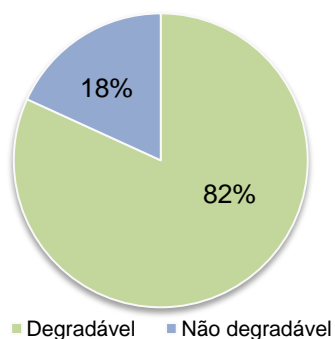


FIGURA 9. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA PRESSÃO.

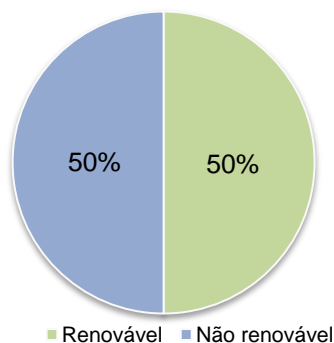
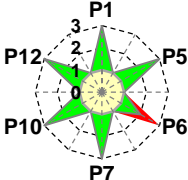
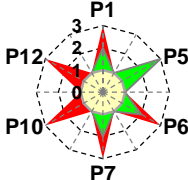
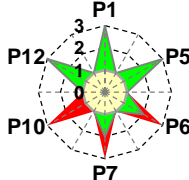
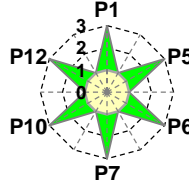
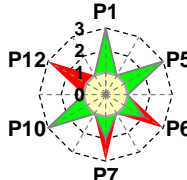


FIGURA 10. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA PRESSÃO.

Na Tabela 9 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 9. EV E RESPETIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA PRESSÃO.

2.1. Arrefecer e aquecer ar em balões ^{21,42}	2.2b. Aquecer ar num tubo em U - Protocolo 2 ^{22,43b}	2.4. Colapsar uma lata de refrigerante ^{17,19,22,25,26,45,116}	2.5. Inverter um copo a transbordar de água sobre uma cartolina ^{19,25,26,46}
			
IPE = 91,67	IPE = 41,67	IPE = 66,67	IPE = 100,00
2.2a. Aquecer ar num tubo em U - Protocolo 1 ^{22,43a}			
2.3. Introduzir um ovo cozido numa garrafa através do gargalo ^{19,44}			
			
IPE = 66,67			

Análise das EV

Apenas uma atividade (2.5) cumpre todos os princípios, atingindo a verdura máxima (IPE = 100), pois utiliza substâncias sem indicação de perigos, realiza-se em condições de temperatura e pressão ambientais e não utiliza solventes e/ou substâncias auxiliares.

No entanto, a atividade 2.1 apresenta um IPE próximo de 100, cumprindo todos os princípios à exceção do P6 (Planificação para conseguir eficácia energética), cumprido parcialmente (pontuação 2) pois implica aquecimento e arrefecimento.

Apenas na atividade 2.2b o princípio 1 não é cumprido, pois os resíduos (fluoresceína) envolvem perigo moderado para a saúde humana.

O princípio 5 é cumprido em todas as atividades pois apenas duas, 2.2b e 2.2b envolvem o uso de substâncias auxiliares (etanol) e este não apresenta indicação de perigo que penalize este princípio pois apenas acarreta perigo físico.

O princípio 10 não é cumprido nas atividades 2.2b e 2.4 que envolvem substâncias não degradáveis a produtos inócuos.

As atividades 2.2a, 2.2b e 2.3 não cumprem o princípio 12 devido à utilização do etanol que envolve elevado perigo físico.

Já os princípios 6 e 7 são parcialmente cumpridos, nas atividades 2.2a, 2.2b, 2.3 e 2.4, pois envolvem aquecimento e pelo menos um reagente/matéria-prima (água excluída) é renovável, respetivamente.

A atividade 2.2b utiliza a fluoresceína que apresenta perigo moderado para a saúde humana e que poderia ser facilmente substituída por água corada, como indicado na atividade 2.2a. Esta alteração permitiria o cumprimento dos princípios 1 (Prevenção) e 10 (Planificação para a degradação), melhorando significativamente a verdura da EV sem que os objetivos fossem comprometidos e utilizando uma substância inócua, não envolvendo perigos para os estudantes e/ou professores.

A sua verdura também poderia melhorar se o aquecimento do ar fosse realizado sem recurso à lamparina de álcool, o que permitiria o cumprimento do princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes). Poderia ser utilizada uma vela em detrimento da lamparina de álcool.

3.2.3 LEI DE LAVOISIER

As atividades apontadas pelos manuais neste grupo passam por reações químicas com libertação de gás ou formação de um precipitado para verificar a Lei de Lavoisier.

Na Tabela 10 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 10. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA LEI DE LAVOISIER.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Acetato de sódio (sol. aq.0,3 mol.dm ⁻³)	3.3	-	1	1	1	1	3
Ácido clorídrico (sol. aq. 0,4 mol.dm ⁻³)	3.8	H290	1	1	2	3	3
Ácido clorídrico (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	3.2	-	1	1	1	3	3
Água	3.1; 3.2; 3.3; 3.5; 3.7	-	1	1	1	1	1
Cloreto de bário (sol. aq. 0,05 mol.dm ⁻³)	3.7	H302; H332	2	1	1	3	3
Cloreto de chumbo (sólido)	3.1	H302 + H332; H360Df; H373; H410	3	3	1	3	3
Cloreto de magnésio (sol. aq.)	3.8	-	1	1	1	3	3
Cloreto de prata (sólido)	3.4	H400	1	3	1	3	3
Cloreto de sódio (sólido e/ou solução)	3.1; 3.4	-	1	1	1	1	1
Cloreto de sódio (em solução) ^a	3.2; 3.7	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono	3.2; 3.3	-	1	1	1	1	3
Fermento (sólido)	3.3	-	1	1	1	3	3
Hidrogénio	3.8	H220	1	1	3	3	3
Hidrogenocarbonato de sódio (sólido)	3.2	-	1	1	1	3	3
Hidróxido de cobre(II) (sólido)	3.6	H302; H318	3	1	1	3	3
Hidróxido de sódio (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	3.6	H315; H319	2	1	1	3	3
Iodeto de chumbo (sólido)	3.5	H302; H332; H360; H373; H410	3	3	1	3	3
Iodeto de potássio (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	3.5	-	1	1	1	3	3
Magnésio (em fita) (s)	3.8	H228; H251; H261	1	1	3	3	3
Nitrato de chumbo (sólido)	3.1; 3.5	H272 (categoria 2); H302+H332; H318; H360Df; H373; H410	3	3	3	3	3
Nitrato de potássio (sólido)	3.5	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Nitrato de prata (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	3.4	H315; H318; H410	3	3	1	3	3
Nitrato de sódio (sólido)	3.1; 3.4	H272 (categoria 3); H302; H315; H319; H335	2	1	2	3	3

TABELA 10. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA LEI DE LAVOISIER (CONTINUAÇÃO).

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Sulfato de bário (sólido)	3.7	-	1	1	1	3	3
Sulfato de cobre(II) (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	3.6	H411	1	3	1	3	3
Sulfato de sódio	3.6; 3.7	-	1	1	1	3	3
Vinagre	3.3	-	1	1	1	1	1

^a SH – Saúde Humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 11 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

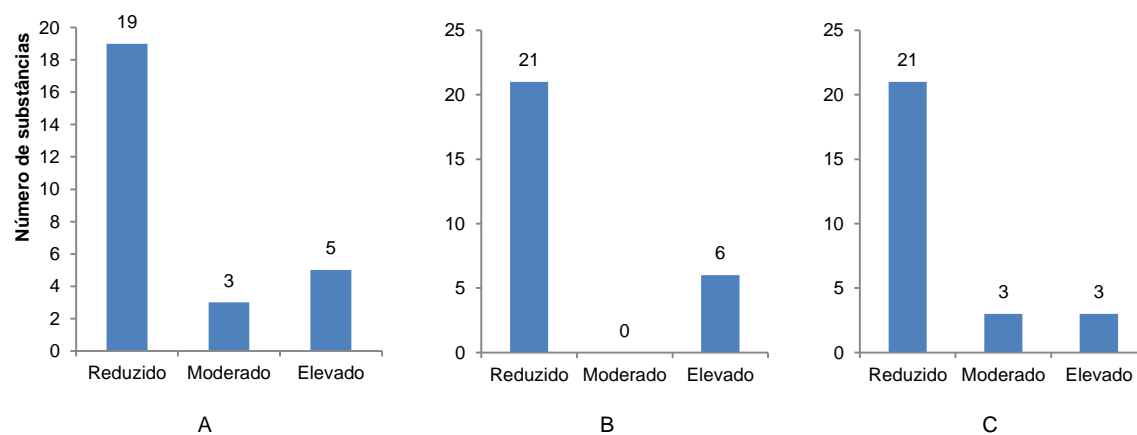


FIGURA 11. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 11 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos. No entanto existem cinco substâncias com perigo elevado para a saúde humana e seis para o ambiente. Os compostos de chumbo (cloreto, iodeto e nitrato) e o nitrato de prata destacam-se como os mais perigosos simultaneamente para a saúde humana e ambiente.

Com os dados da Tabela 10 construíram-se também os gráficos das Fig. 12 e 13 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que cerca de 80% das substâncias não são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 12) e 80% dos reagentes/matérias-primas, não são renováveis (Fig. 13).

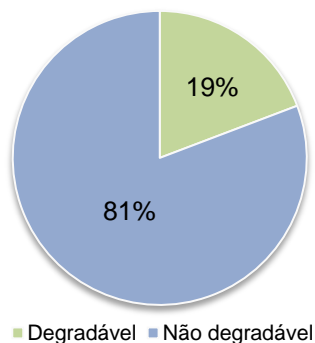


FIGURA 12. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DA LEI DE LAVOISIER.

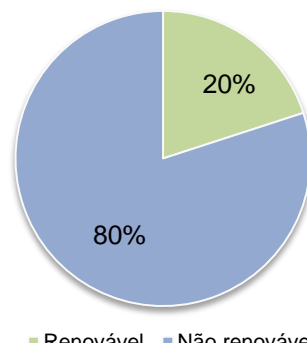
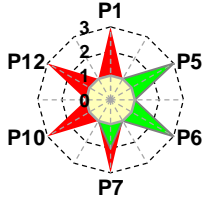
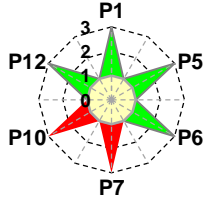
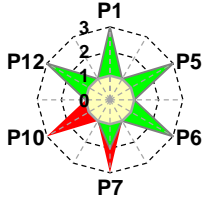
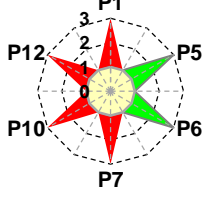
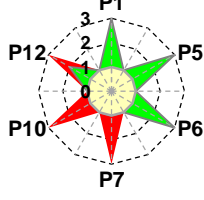
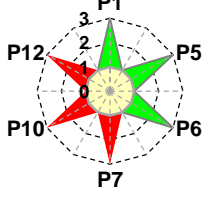


FIGURA 13. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/ MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DA LEI DE LAVOISIER.

Na Tabela 11 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 11. EV E RESPETIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA LEI DE LAVOISIER.

<p>3.1. Reação química entre nitrato de chumbo e cloreto de sódio^{31,47}</p> <p>3.4. Reação química entre cloreto de sódio e nitrato de prata^{26,50a}</p>	<p>3.2. Reação química entre ácido clorídrico e hidrogenocarbonato de sódio^{27,48a}</p>	<p>3.3. Reação química entre vinagre e fermento^{30,49b}</p>
 <p>IPE = 41,67</p>	 <p>IPE = 66,67</p>	 <p>IPE = 75,00</p>
<p>3.5. Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio^{17,21,25,26,51b}</p> <p>3.6. Reação química entre sulfato de cobre(II) e hidróxido de sódio^{21,52}</p>	<p>3.7. Reação química entre cloreto de bário e sulfato de sódio^{21,53a}</p>	<p>3.8. Reação química entre ácido clorídrico e magnésio^{18,54b}</p>
 <p>IPE = 33,33</p>	 <p>IPE = 58,33</p>	 <p>IPE = 50,00</p>

Análise das EV

Nenhuma das atividades cumpre todos os princípios, no entanto, os princípios 5 e 6 são cumpridos em todas, uma vez que não existem solventes/substâncias auxiliares e as atividades ocorrem a pressão e temperatura ambientais.

O princípio 10 não é cumprido em nenhuma das atividades, pois todas envolvem pelo menos uma substância não degradável a produtos inócuos.

O princípio 7 é parcialmente cumprido nas atividades 3.1, 3.3 e 3.4 já que um dos reagentes/matérias-primas é renovável, nomeadamente, cloreto de sódio e vinagre.

Os princípios 1 (Prevenção) e 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) não são cumpridos em quatro atividades (3.1, 3.4, 3.5 e 3.6) pois as reações envolvem resíduos com perigo elevado para o ambiente e/ou saúde humana e envolvem substâncias com perigo elevado para a saúde humana e/ou físico, respetivamente. As atividades 3.1 e 3.4 não são tão penalizadas pelo facto de envolverem o uso de cloreto de sódio que é renovável e permite o cumprimento parcial

do princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis). A atividade 3.8 distingue-se das anteriores já que cumpre o princípio 1.

Na atividade 3.7 o princípio 12 é parcialmente cumprido (pontuação 2) devido à utilização de cloreto de bário que apresenta perigo moderado para a saúde humana.

Atendendo a que o objetivo das atividades é a verificação da Lei de Lavoisier não seria necessário utilizar sais com perigos elevados, nomeadamente o nitrato de chumbo ou o nitrato de prata, que não devem ser utilizados em contexto escolar, dado que apresentam perigos elevados para a saúde humana e para o ambiente, sendo também elevado o perigo físico no caso do nitrato de chumbo.

Também se deve atender ao facto de em alguns casos se formarem substâncias igualmente perigosas, nomeadamente o cloreto de chumbo, o iodeto de chumbo e o nitrato de sódio, e que não devem ser manipuladas pelos estudantes e professores, devendo este ser um fator relevante na escolha das atividades a implementar em contexto escolar.

A escolha de substâncias sem indicação de perigos, com baixo risco de acidente químico, degradáveis e renováveis, como por exemplo, o cloreto de sódio deve ser privilegiada. No entanto a escolha deve ser no sentido global e por isso este não deve ser utilizado juntamente com nitrato de chumbo ou nitrato de prata (atividades 3.1 e 3.4) comprometendo a verdura das atividades, a nossa saúde, o ambiente e potenciando o risco de acidente químico.

A atividade 3.3 poderá ser uma boa alternativa neste contexto, pois se realizada em sistema fechado, permitirá o cumprimento dos objetivos, envolvendo substâncias inócuas, falhando apenas o princípio 10 (Planificação para a degradação) e cumprindo parcialmente o princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis) devido à utilização de fermento e vinagre, respetivamente. A utilização de fermento biológico poderia ser uma alternativa ao fermento convencional, uma vez que é uma substância sem indicação de perigos, renovável e degradável, sendo que nesse caso a verdura seria máxima (IPE = 100).

3.2.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Fig. 14 resume os resultados obtidos na avaliação anterior mediante uma distribuição da frequência das atividades em função do respetivo IPE. A média dos IPE das 23 atividades avaliadas neste subdomínio é 63,77.

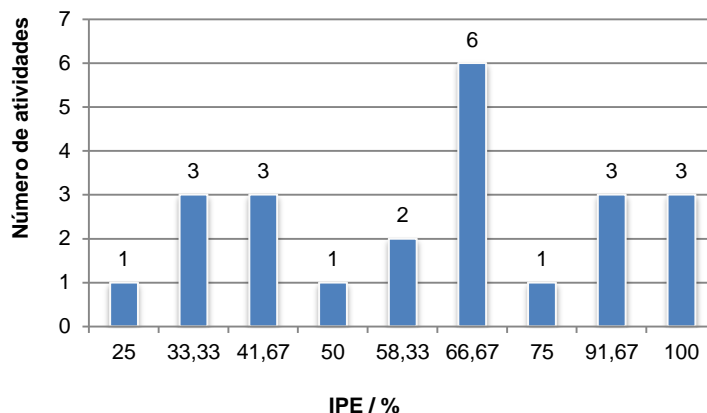


FIGURA 14. FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO EXPLICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

A Fig. 14 mostra que apenas 3 das atividades laboratoriais avaliadas cumprem todos os princípios apresentando a verdura máxima (IPE = 100). Sendo que outras três, não cumprem apenas um princípio (IPE = 91,67). Seis atividades apresentam o 66,67 para o valor de IPE.

A Fig. 15 apresenta a distribuição da frequência em função do IPE e permite constatar que 30% das atividades laboratoriais avaliadas apresentam um IPE inferior a 50 e que 26% apresentam um IPE entre 90 e 100.

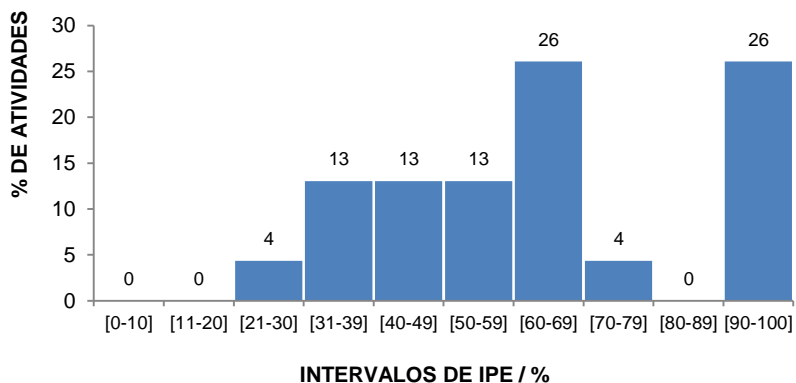


FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO EXPLICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

3.3 TIPOS DE REAÇÃO QUÍMICA

O objetivo geral deste subdomínio, apontado nas metas curriculares⁵, é conhecer diferentes tipos de reações químicas, representando-as por equações químicas.

Nas orientações curriculares⁴ é sugerida a realização de atividades laboratoriais envolvendo:

- Reações de combustão (por exemplo, carvão, magnésio, enxofre, sódio), permitindo aos alunos a identificação de reagentes e produtos da combustão.
- Caracterização de soluções ácidas e básicas, utilizando vários indicadores e partindo de soluções do dia a dia (por ex. sumo de limão, vinagre, limpa-vidros amoniacal).
- Reação ácido-base.
- Reações de precipitação e verificação da formação de sais pouco solúveis (precipitados) a partir de sais solúveis.

Já as metas curriculares⁵ apontam os seguintes descritores:

- Identificar, em reações de combustão no dia a dia e em laboratório, os reagentes e produtos da reação, distinguindo combustível e comburente.
- Representar reações de combustão, realizadas em atividades laboratoriais, por equações químicas.
- Determinar o caráter ácido, básico ou neutro de soluções aquosas com indicadores colorimétricos, e medir o respetivo pH com indicador universal e medidor de pH.
- Identificar reações de precipitação, no laboratório e no ambiente (formação de estalactites e de estalagmites).
- Representar reações de precipitação, realizadas em atividades laboratoriais, por equações químicas.

A maioria das atividades sugeridas nos manuais analisados incide sobre Ocorrência de Reações Químicas (evidências e identificação de reagentes e produtos de reação química), Reações de Oxidação-Redução, Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação de Caráter Químico de Soluções, Reações de Ácido-base e Reações de Precipitação. A avaliação da verdura vai ser apresentada separadamente para cada um destes temas.

Na Tabela 12 apresentam-se as 76 atividades laboratoriais avaliadas dentro do subdomínio Tipos de Reação Química.

TABELA 12. ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO TIPOS DE REAÇÃO QUÍMICA

Ocorrência de Reações Químicas	Referências	Anexos
Atividade 4.1: Reação química entre ácido clorídrico e magnésio	(24)	(54, alínea a)
Atividade 4.2: Reação química entre nitrato de chumbo e cromato de potássio	(24)	(55)
Atividade 4.3: Reação química entre nitrato de prata e cobre	(24)	(56)
Atividade 4.4: Reação química entre ácido clorídrico e alumínio	(24)	(57)
Atividade 4.5: Dissolução do cloreto de amónio em água	(23)	(58)
Atividade 4.6: Reação química entre sulfato de magnésio e carbonato de sódio	(23)	(59)
Atividade 4.7: Reação química entre uma moeda de cobre e vinagre	(19)	(60)
Atividade 4.8: Dissolução do cloreto de cálcio em água	(27)	(61)
Atividade 4.9: Reação química entre sulfato de cobre e ferro	(21),(27)	(62)
Atividade 4.10: Reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio ou fermento	(21),(27)	(49, alínea a)
Atividade 4.11: Reação química entre vinagre e carbonato de cálcio	(21)	(63)
Atividade 4.12: Reação química entre nitrato de prata e pregos	(21)	(64)
Atividade 4.13: Reação química entre ácido clorídrico e zinco	(21)	(65)
Atividade 4.14: Reação química entre ácido clorídrico e ferro	(21)	(66)
Atividade 4.15: Dissolução de um comprimido efervescente	(25)	(67)
Atividade 4.16: Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio	(18)	(51, alínea a)
Atividade 4.17: Reação química entre ácido sulfúrico e zinco	(18)	(68)
Atividade 4.18a: Combustão do enxofre - protocolo 1	(18),(27)	(69, alínea a)
Atividade 4.18b: Combustão do enxofre - protocolo 2	(18),(27)	(69, alínea b)
Reações de Oxidação-Redução		
Atividade 5.1: Combustão do cobre	(24)	(70)
Atividade 5.2: Corrosão do ferro		
5.2a: protocolo 1	(24)	(71, alínea c)
5.2b: protocolo 2	(27)	(71, alínea d)
Atividade 5.3: Oxidação do palha-d' aço		
5.3a: protocolo 1	(23)	(71, alínea a)
5.3b: protocolo 2	(25)	(71, alínea b)
Atividade 5.4: Reação química entre sódio e cloro	(23)	(72)
Atividade 5.5: Eletrólise do cloreto de cobre	(23)	(73, alínea a)
Atividade 5.6: Eletrólise do nitrato de prata	(23)	(74)
Atividade 5.7: Combustão do etanol	(23)	(75)
Atividade 5.8: Combustão de uma vela	(30)	(76)
Atividade 5.9: Combustão do naftaleno	(25)	(77)
Atividade 5.10: Combustão do magnésio	(31)	(78)
Atividade 5.11: Combustão do sódio	(31)	(79)
Atividade 5.12: Combustão do enxofre	(31)	(69, alínea c)
Atividade 5.13: Combustão do carbono	(31)	(80)
Atividade 5.14: Combustão do potássio	(31)	(81)
Preparação de Indicadores Caseiros e Identificação do Caráter Químico de Soluções		
Atividade 6.1: Preparação de um indicador caseiro		
6.1a: utilizando água	(18),(24),(25), (26),(31)	(82, alínea a)
6.1b: utilizando etanol	(20),(27),(30)	(82, alínea b)
6.1c: utilizando água e gelatina	(30)	(82, alínea c)
Atividade 6.2: Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano		
6.2a: utilizando solução aquosa de couve roxa como indicador	(18),(20),(21), (24),(25),(26), (30),(31)	(83, alínea a)
6.2b: utilizando couve roxa em papel como indicador	(30)	(83, alínea b)
6.2c: utilizando fenolftaleína como indicador	(17),(20),(21), (22),(24)	(83, alínea c)
6.2d: utilizando tintura/papel azul de tornesol como indicador	(17),(20),(22), (24),(26)	(83, alínea d)
6.2e: utilizando indicador universal em solução	(24)	(83, alínea e)

6.2f: utilizando indicador universal em papel	(18),(20),(22), (28)	(83, alínea f)
Reações de Ácido-Base	Referências	Anexos
Atividade 7.1a: Reação química entre vinagre e casca de ovo ou ossos de frango	(23)	(84, alínea a)
Atividade 7.1b: Reação química entre vinagre e ovo	(19)	(84, alínea c)
Atividade 7.2: Reação química entre hidróxido de sódio e dióxido de carbono	(23)	(85)
Atividade 7.3: Limpar uma moeda de cobre com coca-cola	(22)	(86)
Atividade 7.4: Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (utilizando fenolftaleína como indicador)	(31)	(87)
Atividade 7.5: Reação química entre ácido clorídrico e detergente amoniacal	(27)	(88)
Atividade 7.6: Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (utilizando indicador universal em solução como indicador)	(17),(22),(24), (25),(26)	(89)
Atividade 7.7: Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (utilizando indicador universal em papel como indicador)		
7.7a: protocolo 1	(21)	(90, alínea a)
7.7b: protocolo 2	(24)	(90, alínea b)
Atividade 7.8: Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (utilizando fenolftaleína e papel indicador universal)		
7.8a: protocolo 1	(25)	(91, alínea a)
7.8b: protocolo 2	(29)	(91, alínea b)
Atividade 7.9: Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio		
7.9a: protocolo 1	(23)	(92, alínea a)
7.9b: protocolo 2	(23)	(92, alínea b)
Atividade 7.10: Reação química entre ácido nítrico e hidróxido de potássio	(17)	(93)
Atividade 7.11: Reação química entre lixívia e sumo de limão	(24)	(94)
Reações de Precipitação		
Atividade 8.1: Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio	(31)	(51, alínea c)
Atividade 8.2: Reação química entre carbonato de sódio e cloreto de cálcio		
8.2a: protocolo 1	(18),(25)	(95, alínea a)
8.2b: protocolo 2	(26)	(95, alínea b)
Atividade 8.3: Reação química entre nitrato de prata e cloreto de níquel	(24)	(96)
Atividade 8.4: Reação química entre nitrato de prata e carbonato de sódio	(24)	(97)
Atividade 8.5: Reação química entre nitrato de prata e cloreto de sódio	(24)	(50, alínea b)
Atividade 8.6: Reação química entre nitrato de prata e iodeto de potássio	(21),(24)	(98)
Atividade 8.7: Reação química entre nitrato de cálcio e carbonato de sódio	(29)	(99)
Atividade 8.8: Reação química entre cloreto de zinco e carbonato de sódio	(29)	(100)
Atividade 8.9: Reação química entre nitrato de cálcio e cloreto de zinco	(29)	(101)
Atividade 8.10: Jardim de silicatos	(23)	(102)
Atividade 8.11: Reação química entre sais <i>epsom</i> e limpa vidros amoniacal	(30)	(103)
Atividade 8.12: Reação química entre cloreto de bário e sulfato de sódio	(21)	(53, alínea b)
Atividade 8.13: Reação química entre nitrato de prata e cromato de potássio	(21)	(104)
Atividade 8.14: Reação química entre carbonato de sódio e sulfato de cobre	(21)	(105)
Atividade 8.15: Reação química entre nitrato de chumbo e sulfato de sódio	(18)	(106)
Atividade 8.16: Reação química entre nitrato de chumbo e cloreto de cálcio	(18)	(107)

3.3.1 CORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS

As atividades apontadas nos manuais analisados neste grupo passam por reações químicas entre ácidos ou sais (soluções aquosas) e metais e dissoluções (para avaliar a variação de temperatura), cujos objetivos principais são a identificação de evidências que indicam a ocorrência de uma reação química, a identificação de reagentes e produtos de reação e escrita de esquemas de palavras que traduzem as reações químicas estudadas.

Na Tabela 13 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 13. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS DO GRUPO DA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Acetato de cálcio	4.11	H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Acetato de cobre	4.7	H302, H315, H319, H335, H400	2	3	1	3	3
Acetato de sódio (sol. aq 0,3 mol.dm ⁻³)	4.10	-	1	1	1	1	3
Ácido clorídrico (0,4 mol/L)	4.1; 4.4; 4.13; 4.14	H290	1	1	2	3	3
Ácido sulfúrico (0,25 mol/L)	4.17	H290	1	1	2	3	3
Ácido sulfuroso	4.18b	H314	3	1	1	3	3
Água	4.2; 4.5; 4.7; 4.8; 4.10; 4.11; 4.15; 4.16; 4.18b	-	1	1	1	1	1
Alumínio	4.4	-	1	1	1	3	3
Ar (oxigênio)	4.18a; 4.18b	-	1	1	1	1	1
Bicarbonato de sódio (sólido)	4.10	-	1	1	1	3	3
Calcário	4.11	-	1	1	1	1	3
Carbonato de magnésio (sólido)	4.6	-	1	1	1	3	3
Carbonato de sódio (sol. aq 0,05 mol.dm ⁻³)	4.6	-	1	1	1	1	1
Casca de ovo	4.11	-	1	1	1	1	1
Citrato de sódio	4.15	-	1	1	1	3	3
Cloreto de alumínio	4.4	H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Cloreto de amônio (sólido)	4.5	H302; H319	2	1	1	3	3
Cloreto de cálcio (sol. aq)	4.8	-	1	1	1	1	3
Cloreto de cálcio (sólido)	4.8	H319	2	1	1	1	3
Cloreto de ferro(II)	4.14	H302; H314	2	1	1	3	3
Cloreto de magnésio	4.1	-	1	1	1	3	3
Cloreto de zinco(II) (sol. aq 0,1 mol.dm ⁻³)	4.13	H315; H319; H411	2	3	1	3	3
Cobre (fio)	4.3	-	1	1	1	3	3
Cobre (pó)	4.9	H228 (categoria 1); H410	1	3	3	3	3

TABELA 13. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS DO GRUPO DA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS (CONTINUAÇÃO).

Comprimido efervescente (bicarbonato de sódio/ácido cítrico)	4.15	-	1	1	1	3	3
Conchas do mar	4.11	-	1	1	1	1	1
Cromato de chumbo	4.2	H350; H360Df; H373; H410	3	3	1	3	3
Cromato de potássio (sol. aq 0,5-1%)	4.2	H317; H340; H350i; H411	3	3	1	3	3
Dióxido de carbono ^a	4.10; 4.11; 4.15	-	1	1	1	1	3
Dióxido de enxofre (gasoso)	4.18a; 4.18b	H314, H331	3	1	1	3	3
Enxofre	4.18a; 4.18b	H228 (categoria 2), H315	2	1	2	3	3
Esferovite	4.6	-	1	1	1	3	3
Etanol (lamparina)	4.18a, 4.18b	H225	1	1	3	1	3
Fermento (sólido)	4.10	-	1	1	1	3	3
Ferro (sólido)	4.14	-	1	1	1	3	3
Giz	4.11	-	1	1	1	3	3
Hidrogénio	4.1; 4.4; 4.13; 4.14; 4.17	H220	1	1	3	3	3
Iodeto de chumbo	4.16	H302; H332; H360; H370; H410	3	3	1	3	3
Iodeto de potássio (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	4.16	-	1	1	1	3	3
Magnésio (fita)	4.1	H228 (categoria 1); H251; H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3
Moedas de cobre	4.7	-	1	1	1	3	3
Nitrato de chumbo (sólido)	4.2; 4.16	H272 (categoria 2); H302+H332; H318; H360Df; H373; H410	3	3	3	3	3
Nitrato de cobre	4.3	H272 (categoria 2); H302; H315; H318	3	1	3	3	3
Nitrato de ferro	4.12	H272 (categoria 3); H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Nitrato de potássio	4.2; 4.16	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Nitrato de prata (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	4.3; 4.12	H315; H318; H410	3	3	1	3	3
Palha d'áço	4.9	-	1	1	1	3	3
Papel (guardanapos)	4.7	-	1	1	1	1	1
Prata	4.3; 4.12	-	1	1	1	3	3
Prego	4.9; 4.12	-	1	1	1	3	3
Sulfato de cobre(II) (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	4.9	H411	1	3	1	3	3
Sulfato de ferro (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	4.9	H315; H319	2	1	1	3	3
Sulfato de magnésio (sol. aq)	4.6	-	1	1	1	3	3
Sulfato de sódio (sólido)	4.6	-	1	1	1	3	3
Sulfato de zinco (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	4.17	H319; H412	2	2	1	3	3
Tintura azul de tornesol	4.18b	-	1	1	1	3	3
Vinagre	4.7; 4.10; 4.11	-	1	1	1	1	1
Zinco	4.13; 4.17	H251; H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 16 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

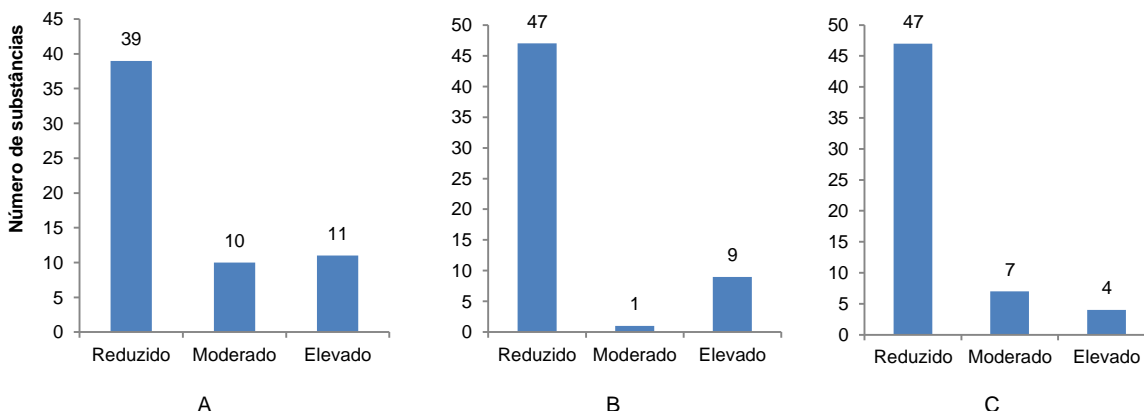


FIGURA 16. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 16 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos. No entanto, cerca de um terço das substâncias apresenta perigo moderado ou elevado para a saúde humana. Para o ambiente apenas uma substância apresenta perigo moderado (sol. aq. de sulfato de zinco(II)), enquanto nove apresentam perigo elevado. Onze das substâncias apresentam perigo físico moderado ou elevado.

Com os dados da Tabela 13 construíram-se também os gráficos das Fig. 17 e 18 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que, 78% das substâncias não são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 17) e que apenas 18% dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 18).

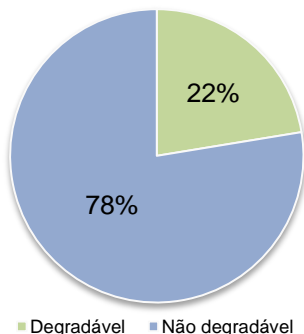


FIGURA 17. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS.

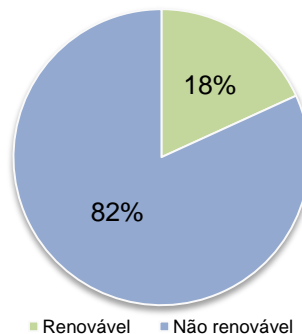
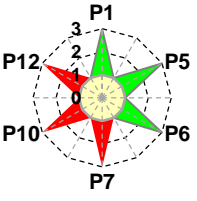
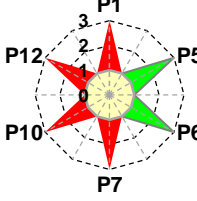
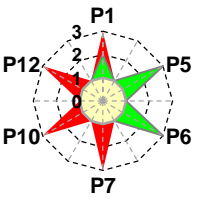
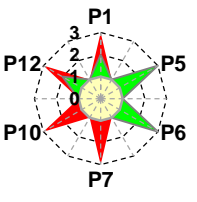
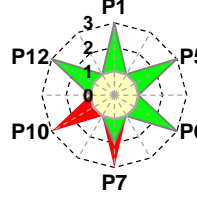
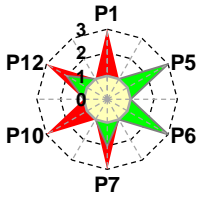
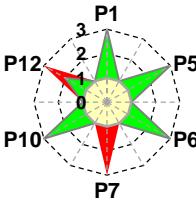
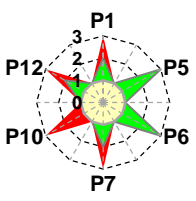
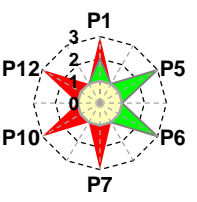
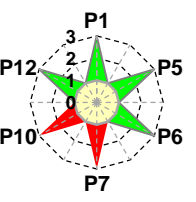
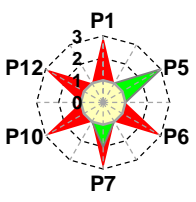


FIGURA 18. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS.

Na Tabela 14 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 14. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES QUÍMICAS

<p>4.1. Reação química entre ácido clorídrico e magnésio^{24,54a}</p> <p>4.2. Reação química entre nitrato de chumbo e cromato de potássio^{24,55}</p> <p>4.3. Reação química entre nitrato de prata e cobre^{24,56}</p> <p>4.9. Reação química entre sulfato de cobre e ferro^{21,27,62a}</p> <p>4.13. Reação química entre ácido clorídrico e zinco^{21,65}</p> <p>4.14. Reação química entre ácido clorídrico e ferro^{21,66}</p> <p>4.16. Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio^{18,51a}</p>		
 <p>IPE = 50,00</p>	 <p>IPE = 33,33</p>	
<p>4.4. Reação química entre ácido clorídrico e alumínio^{24,57}</p> <p>4.5. Dissolução de cloreto de amónio em água^{23,58}</p> <p>4.6. Reação química entre sulfato de magnésio e carbonato de sódio^{23,59}</p> <p>4.10. Reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio ou fermento^{21,27,49a}</p>		
 <p>IPE = 41,67</p>	 <p>IPE = 50,00</p>	 <p>IPE = 75,00</p>
<p>4.7. Reação química entre uma moeda de cobre e vinagre^{19,60}</p> <p>4.8. Dissolução do cloreto de cálcio em água^{27,61}</p> <p>4.11. Reação química entre vinagre e carbonato de cálcio^{21,63}</p>		
 <p>IPE = 50,00</p>	 <p>IPE = 75,00</p>	 <p>IPE = 58,33</p>
<p>4.12. Reação química entre nitrato de prata e pregos^{21,64}</p> <p>4.17. Reação química entre ácido sulfúrico e zinco^{18,68}</p> <p>4.15. Dissolução de um comprimido efervescente^{25,67,117,118}</p>		<p>4.18a: Combustão do enxofre - Protocolo 1^{18,27,69a}</p> <p>4.18b: Combustão do enxofre - Protocolo 2^{18,27,69b}</p>
 <p>IPE = 41,67</p>	 <p>IPE = 66,67</p>	 <p>IPE = 25,00</p>

Análise das EV

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois não são utilizadas substâncias auxiliares ou estas não apresentam perigos. Nas atividades 4.18a e 4.18b é utilizado o etanol, no entanto, este acarreta perigo físico que não penaliza o cumprimento deste princípio.

Apenas duas atividades, 4.18a e 4.18b, não cumprem o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética), pois tratando-se de combustões, embora ocorram a pressão ambiental, implicam temperatura superior à ambiental.

Apenas na atividade 4.8 o princípio 10 é cumprido, pois é a única em que todas as substâncias são degradáveis a produtos inócuos. Nas restantes o mesmo princípio sofre a penalização máxima já que pelo menos uma substância envolvida nas atividades não é degradável a produtos inócuos.

Nas atividades 4.6, 4.7, 4.10, 4.11, 4.18a, 4.18b o princípio 7 é parcialmente cumprido uma vez que pelo menos uma das matérias-primas utilizadas é renovável.

Já o princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 4.1, 4.6, 4.8, 4.10 e 4.15 pois os resíduos envolvidos nas mesmas são inócuos, não apresentando perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido nas atividades 4.4, 4.5, 4.11, 4.12 e 4.17 dado que os resíduos apresentam perigo moderado para a saúde e/ou ambiente; sendo pontuado com 1 nas restantes atividades pelo elevado perigo para a saúde e/ou para o ambiente apresentado pelos resíduos.

O princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) apenas é cumprido nas atividades 4.6, 4.10 e 4.15 uma vez que as substâncias não apresentam perigo para a saúde e/ou físico. Nas atividades 4.5, 4.7, 4.8 e 4.11 é parcialmente cumprido (pontuação 2) e nas restantes é totalmente penalizado (pontuação 1), pois pelo menos uma substância apresenta perigo, para a saúde humana e/ou físico moderado ou elevado, respetivamente.

Tendo em conta os objetivos para este grupo de atividades é desnecessária a manipulação de substâncias com elevado perigo físico, para a saúde humana e/ou ambiente.

O nitrato de chumbo, como já foi referido anteriormente, não deveria, ser utilizado em contexto escolar dado os perigos a que expõe os seus utilizadores e ambiente. Também o cromato de potássio, o cromato de chumbo, nitrato de prata e o iodeto de chumbo apresentam perigos elevados para a saúde humana e ambiente, sendo a sua

utilização de evitar e não devendo ser estes serem manipulados pelos estudantes e/ou professores.

Na realização de atividades envolvendo metais e ácidos deve atender-se ao facto dos reagentes/matérias-primas utilizados e as substâncias originadas, em alguns casos, apresentarem perigo moderado a elevado para a saúde humana, ambiente e físico (nitrato de cobre, cloreto de zinco e sulfato de zinco).

Na atividade 4.10 o fermento e o bicarbonato de sódio poderiam ser substituídos por uma substância degradável e renovável, fermento biológico, por exemplo, o que permitiria o cumprimento de todos os princípios sendo nesse caso a verdura máxima (IPE = 100).

3.3.2 REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO

As atividades apontadas nos manuais analisados neste grupo passam essencialmente por reações de combustão, corrosão de metais e eletrólises.

Na Tabela 15 apresenta-se a pontuação das substâncias quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 15. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Água	5.2a; 5.2b; 5.3a; 5.3b; 5.5; 5.7; 5.8	-	1	1	1	1	1
Água de cal	5.9	H320	2	1	1	3	3
Água fervida	5.2b	-	1	1	1	1	1
Água salgada	5.2a; 5.2b	-	1	1	1	1	1
Ar (oxigénio)	5.1; 5.2a; 5.2b; 5.3a; 5.3b; 5.7; 5.8; 5.9; 5.10; 5.11; 5.12; 5.13; 5.14	-	1	1	1	1	1
Azeite	5.3a	-	1	1	1	1	1
Carbono	5.13	-	1	1	1	3	3
Cloreto de cálcio (sólido)	5.2b	H319	2	1	1	1	3
Cloreto de cálcio hidratado	5.2b	H319	2	1	1	1	3
Cloreto de cobre(I)	5.5	H302, H410	2	1	3	3	3
Cloreto de sódio	5.2a; 5.2b	-	1	1	1	1	1
Cloreto de sódio ^b	5.4	-	1	1	1	1	3
Cloro	5.4; 5.5	H270, H315, H319, H331, H335, H400	3	3	3	3	3
Cobre (fio)	5.1	-	1	1	1	3	3
Cobre (pó)	5.5	H228 (categoria 1); H410	1	3	3	3	3
Dióxido de carbono	5.7; 5.8; 5.9; 5.13	-	1	1	1	1	3
Dióxido de enxofre	5.12	H314; H331	3	1	1	1	1
Enxofre	5.12	H228 (categoria 2); H315	2	1	1	3	3
Etanol (lamparina)	5.1; 5.7; 5.10; 5.11; 5.12; 5.13; 5.14	H225	1	1	3	1	3
Etanol	5.7	H225	1	1	3	1	3
Lápis descarnados (Grafite)	5.5; 5.6	-	1	1	1	3	3
Lenço de papel	5.7	-	1	1	1	1	1
Magnésio (fita)	5.10	H228 (categoria 1); H251; H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3
Moeda de cobre	5.6	-	1	1	1	3	3
Naftaleno	5.9	H228 (categoria 1); H302; H351; H410	3	3	3	3	3
Nitrato de cobre	5.6	H272 (categoria 2), H302, H315, H318	3	1	3	3	3

TABELA 15. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO (CONTINUAÇÃO).

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Nitrato de prata (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	5.6	H315, H318, H410	3	3	1	3	3
Óleo	5.2b	-	1	1	1	1	1
Óxido de cobre	5.1	H302; H410	2	3	1	3	3
Óxido de ferro(III) hidratado	5.2a; ;5.2b; 5.3a; 5.3b	-	1	1	1	3	3
Óxido de magnésio	5.10	-	1	1	1	3	3
Óxido de potássio ^a	5.14	-	3	3	3	3	3
Óxido de sódio	5.11	H271; H314	3	1	3	3	3
Palha-d'aço	5.2b; 5.3a; 5.3b	-	1	1	1	3	3
Potássio	5.14	H260; H314; EUH014	3	1	3	3	3
Prata (pó)	5.6	-	1	1	1	3	3
Pregos	5.2a; 5.2b	-	1	1	1	3	3
Sódio (sólido)	5.4; 5.11	H260,H314,EUH014	3	1	3	3	3
Sulfato de cobre(II) anidro	5.9	H302; H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Sulfato de cobre(II) hidratado	5.9	H302; H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Vela (pavio de parafina)	5.8	-	1	1	1	3	3

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a SDS desconhecido, considerado perigo máximo para saúde humana, ambiente e físico.

^b Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 19 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

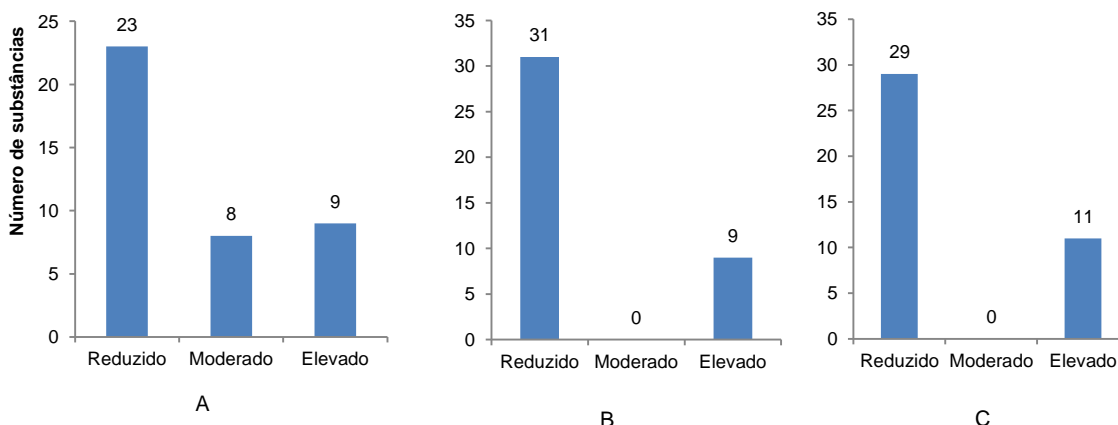


FIGURA 19. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 19 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos para o ambiente e físicos. No entanto, 17 das substâncias apresentam perigo moderado ou elevado para a saúde humana. Para o ambiente nove apresentam perigo elevado. No que concerne a perigos físicos, onze substâncias apresentam perigo elevado.

Com os dados da Tabela 15 construíram-se também os gráficos das Fig. 20 e 21 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que 37% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 20) e que 27% dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 21).

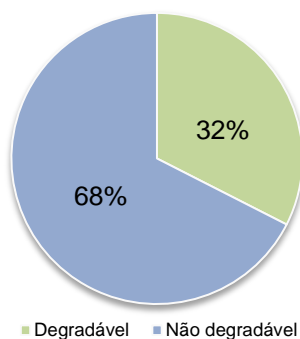


FIGURA 20. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO.

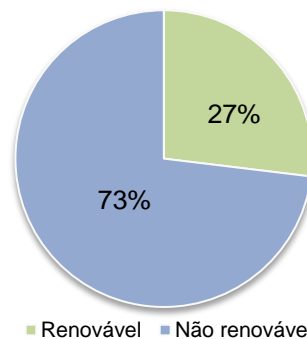
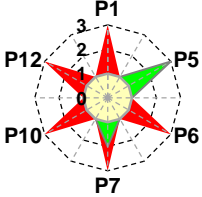
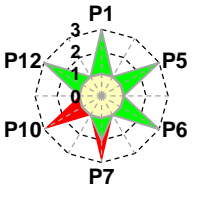
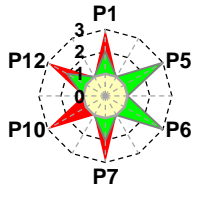
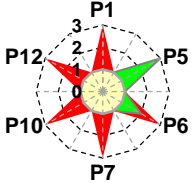
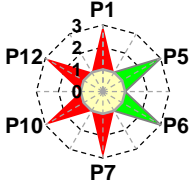
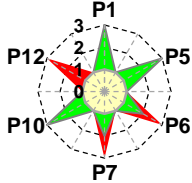
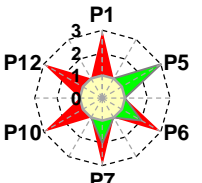
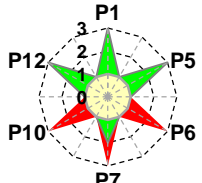
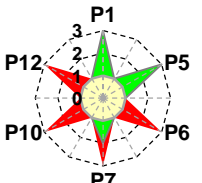


FIGURA 21. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATERIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO.

Na Tabela 16 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 16. EV E RESPECTIVOS IPE DAS EXPERIÊNCIAS AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO

<p>5.1. Combustão do cobre^{24,70} 5.11. Combustão do sódio^{31,79} 5.12. Combustão do enxofre^{31,69c} 5.14. Combustão do potássio^{31,81}</p>	<p>5.2a. Corrossão do ferro – protocolo 1^{24,71c} 5.3a. Corrossão do palha d' aço – protocolo 1^{23,71a} 5.3b. Corrossão do palha d' aço – protocolo 2^{25,71b}</p>	<p>5.2b. Corrossão do ferro – protocolo 2^{27,71d}</p>
 <p>IPE = 25,00</p>	 <p>IPE = 75,00</p>	 <p>IPE = 58,33</p>
<p>5.4. Reação química entre sódio e cloro^{23,72,119}</p>	<p>5.5. Eletrólise do cloreto de cobre^{23,73a,120} 5.6. Eletrólise do nitrato de prata^{23,74,129,130}</p>	<p>5.7. Combustão do etanol^{23,75}</p>
 <p>IPE = 25,00</p>	 <p>IPE = 33,33</p>	 <p>IPE = 66,67</p>
<p>5.9. Combustão do naftaleno^{25,77}</p>	<p>5.8. Combustão de uma vela^{30,76,121,122}</p>	<p>5.10. Combustão do magnésio^{31,78} 5.13. Combustão do carbono^{31,80}</p>
 <p>IPE = 33,33</p>	 <p>IPE = 58,33</p>	 <p>IPE = 41,67</p>

Análise das EV

O princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 5.2a, 5.3a, 5.3b, 5.7, 5.8, 5.10 e 5.13 pois os resíduos envolvidos nas mesmas são inócuos, não apresentando indicação de perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido na atividade 5.2b pois os resíduos apresentam perigo moderado para a saúde e/ou ambiente; sendo pontuado com 1 nas restantes atividades pelo elevado perigo para a saúde e/ou para o ambiente apresentado pelos resíduos.

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois não são utilizadas substâncias auxiliares ou estas não apresentam perigos. Em várias atividades é utilizado o etanol como substância auxiliar, para a combustão, no entanto este só acarreta perigo físico, o que não penaliza o cumprimento deste princípio.

Nas atividades, 5.1, 5.8, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) não é cumprido, pois tratando-se de combustões, embora estas ocorram a pressão ambiental, implicam temperatura diferente da ambiental e acima de 100°C. Já nas atividades 5.4, 5.7 e 5.9 o princípio é parcialmente cumprido, pois implica aquecimento entre 0°C e 100°C. O mesmo princípio é cumprido nas atividades 5.2a, 5.2b, 5.3a, 5.3b, 5.5 e 5.6 já que estas se realizam a pressão ambiental e não implicam qualquer aquecimento ou arrefecimento.

Em nenhuma das atividades o princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis) é cumprido, sendo parcialmente cumprido nas atividades 5.2a, 5.2b, 5.3a, 5.3b, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 e 5.13, já que pelo menos um dos reagentes/matérias-primas utilizadas é renovável.

Apenas na atividade 5.7 o princípio 10 é cumprido, sendo a única que se distingue das restantes pois todas as substâncias envolvidas são degradáveis a produtos inócuos. Nas restantes atividades este princípio sofre penalização máxima (pontuação 1) porque pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável a produtos inócuos.

Já o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) apenas é cumprido nas atividades 5.2a, 5.3a, 5.3b, 5.8 e 5.13 uma vez que as substâncias não apresentam perigo para a saúde e/ou físico. Na atividade 5.2b é parcialmente cumprido (pontuação 2) e nas restantes é totalmente penalizado (pontuação 1) pois pelo menos uma substância apresenta perigo, para a saúde humana e/ou físico, moderado ou elevado, respetivamente.

O cloro (atividade 5.4), não deveria, ser manipulado em contexto escolar dado os perigos elevados (saúde humana, ambiente e físicos) a que expõe os seus utilizadores e ambiente.

Também o naftaleno (atividade 5.9) apresenta perigos elevados para a saúde humana, ambiente e físico, não devendo ser manipulado pelos estudantes e/ou professores tendo em conta os danos que poderá provocar.

A combustão da fita de magnésio poderia ser realizada sem o recurso à lamparina de álcool, evitando assim a utilização do etanol, substância que acarreta perigo físico elevado. Ainda que esta alteração não altere a verdura da atividade, diminui o risco de acidente químico. A combustão poderia ser efetuada recorrendo a fósforos.

As eletrólises (atividades 5.5 e 5.6) apresentadas também são de evitar já que obrigam à manipulação de matérias-primas e resíduos com perigo elevado, nomeadamente, o cloro que, como já foi referido, apresenta perigos elevados para a saúde humana, para o ambiente e físico. Poderia ser feita a eletrólise da água que permitiria cumprir os princípios 1 (Prevenção) e 7 (Uso de matérias-primas renováveis) melhorando a verdura da atividade.

3.3.3 PREPARAÇÃO DE INDICADORES CASEIROS E IDENTIFICAÇÃO DO CARÁTER QUÍMICO DE MATERIAIS NO QUOTIDIANO

As atividades apontadas nos manuais avaliados neste grupo passam por preparação de indicadores caseiros, nomeadamente de couve roxa, e identificação do caráter químico de materiais utilizando como indicador: solução aquosa de couve-roxa, solução alcoólica de fenolftaleína, tintura/papel azul de tornessol e indicador universal (em papel e/ou em solução).

Na Tabela 17 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 17. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA PREPARAÇÃO DE INDICADORES CASEIROS E IDENTIFICAÇÃO DO CARÁTER QUÍMICO DE MATERIAIS.

PARÂMETRO QUÍMICO DE MATERIAIS:

Substância	Atividades	Re.gulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Água	6.1a; 6.1b; 6.1c; 6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	1
Bicarbonato de sódio	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	3	3
Coca-cola	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	3
Couve roxa (pétalas de flor, folhas verdes, beterraba, folhas de chá)	6.1a; 6.1b; 6.1c	-	1	1	1	1	1
Detergente da loiça	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	3
Espuma de barbear	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	3	3
Etanol	6.1c	H225	1	1	3	1	3
Fenolfataleína (sol. alcoólica)	6.3c	H225; H341; H350	3	1	3	3	3
Gelatina	6.1b	-	1	1	1	1	3
Indicador de couve roxa (em papel)	6.3b	-	1	1	1	1	1
Indicador de couve roxa (sol. aquosa)	6.3a	-	1	1	1	1	1
Indicador universal (em papel)	6.3f	-	1	1	1	3	3
Indicador universal (em solução)	6.3e	H225	1	1	3	3	3
Limpa-vidros amoniacal	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	3	3
Lixívia ^b	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	2	1	1	1	3
Papel azul de tornessol	6.3d	-	1	1	1	3	3
Pasta dos dentes	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	3
Sabão	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	3
Sumo de limão	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	1
Tintura azul de tornessol	6.3d	-	1	1	1	3	3
Vinagre	6.3a; 6.3b; 6.3c; 6.3d; 6.3e; 6.3f	-	1	1	1	1	1

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^b Sem SDS, considerado perigo moderado para saúde humana com base no rótulo da embalagem.

Na Fig. 22 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

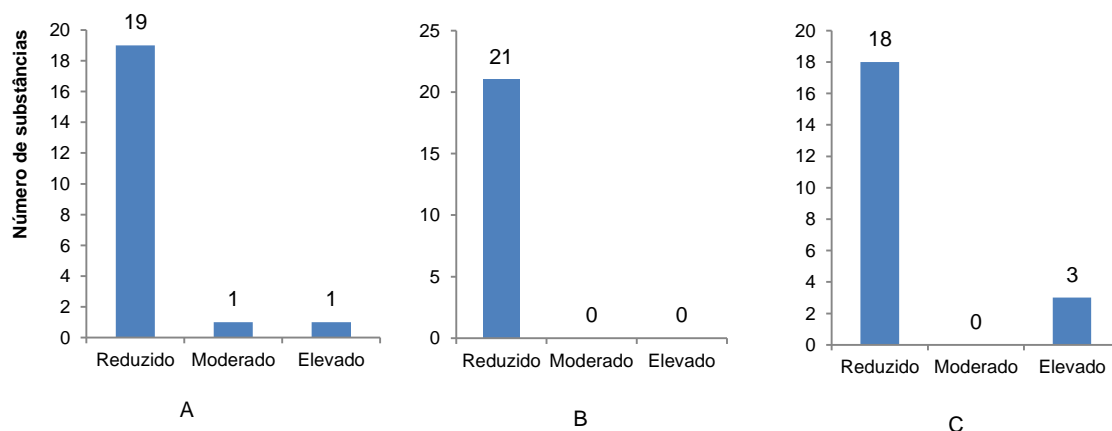
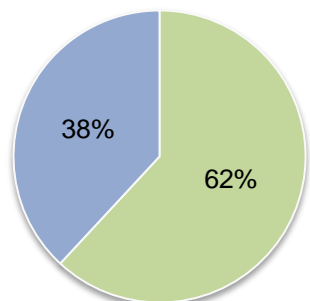


FIGURA 22. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

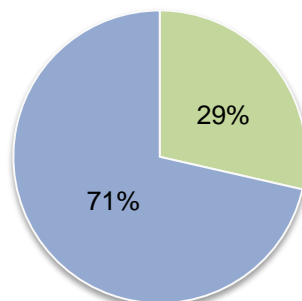
Os gráficos da Fig. 22 mostram que a maioria das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos para a saúde humana, o ambiente e físicos. No que concerne à saúde humana apenas uma substância (lixívia) apresenta perigo moderado e outra (fenolftaleína) apresenta perigo elevado. Para o ambiente todas as substâncias envolvidas apresentam perigo reduzido. No que concerne a perigos físicos apenas três (etanol, fenolftaleína e indicador universal em solução) apresentam perigo físico elevado sendo que as restantes apresentam perigo reduzido.

Com os dados da Tabela 17 construíram-se também os gráficos das Fig. 23 e 24 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que 62% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 23) e que 29% dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 24).



■ Degradável ■ Não degradável

FIGURA 23. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DA PREPARAÇÃO DE INDICADORES CASEIROS E IDENTIFICAÇÃO DO CARÁTER QUÍMICO DE MATERIAIS DO QUOTIDIANO.



■ Renovável ■ Não renovável

FIGURA 24. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/ MATERIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DA PREPARAÇÃO DE INDICADORES CASEIROS E IDENTIFICAÇÃO DO CARÁTER QUÍMICO DE MATERIAIS DO QUOTIDIANO.

Na Tabela 18 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 18. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA PREPARAÇÃO DE INDICADORES CASEIROS E IDENTIFICAÇÃO DO CARÁTER QUÍMICO DE MATERIAIS DO QUOTIDIANO.

6.1a. Preparação de indicador de couve roxa (solução aquosa) 18,24,25,26,31,82a	6.1b. Preparação de indicador de couve roxa (solução alcoólica) 20,27,30,82b	6.1c. Preparação de indicador caseiro ^{30,82c}	6.2b. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (couve roxa em papel como indicador) ^{30,83b}
IPE = 91,67	IPE = 66,67	IPE = 83,33	IPE = 75,00
6.2a. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (sol. aquosa de couve roxa como indicador) 18,20,21,24-26,30,31,83a	6.2c. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (fenolftaleína como indicador) 17,20-22,24,26,83c		
6.2d. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (tintura/papel azul de tornessol como indicador) ^{17,20,22,24,26,83d}	6.2e. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (indicador universal em solução) 24,83e		
6.2f. Identificação do caráter químico de materiais do quotidiano (indicador universal em papel) 18,20,22,28,83f			
IPE = 58,33	IPE = 50,00		

Análise das EV

O princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 6.1a, 6.1b, 6.1c e 6.2b pois os resíduos envolvidos nas mesmas são inócuos, não apresentando perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido nas atividades 6.2a, 6.2c-6.2f, já que os resíduos apresentam perigo moderado para a saúde e/ou ambiente.

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois não são utilizadas substâncias auxiliares.

Nas atividades, 6.1a, 6.1b e 6.1c o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) é parcialmente cumprido, pois estas ocorrem a pressão ambiental mas implicam aquecimento entre 0°C e 100°C. O mesmo princípio é cumprido nas atividades 6.2a-6.2f já que estas se realizam a pressão ambiental e não implicam qualquer aquecimento ou arrefecimento.

O princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis) é cumprido apenas numa atividade (6.1a), sendo parcialmente cumprido nas restantes atividades, uma vez que pelo menos um dos reagentes/matérias-primas utilizadas é renovável, nomeadamente o vinagre, sumo de limão e couve roxa.

O princípio 10 é cumprido nas atividades que propõem a preparação de indicadores caseiros (6.1a, 6.1b e 6.1c), pois todas as substâncias envolvidas são degradáveis a produtos inócuos. No entanto é penalizado nas restantes atividades pois estas envolvem pelo menos uma substância não degradável a produtos inócuos.

Já o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) é cumprido nas atividades 6.1a, 6.1c e 6.2b uma vez que as substâncias não apresentam perigo para a saúde humana e/ou físico. Nas atividades 6.1b, 6.2c e 6.2e o princípio não é cumprido devido à utilização de etanol (perigo físico elevado), fenolftaleína (perigo elevado para a saúde humana e físico) e indicador universal (perigo físico elevado), respetivamente. Nas atividades 6.2a, 6.2d e 6.2f é parcialmente cumprido (pontuação 2) pois uma substância (lixívia) apresenta perigo moderado para a saúde humana.

Na preparação de indicadores caseiros são propostas três atividades com verduras diferentes que pode ser melhorada em duas delas.

A atividade 6.1b propõe a preparação de uma solução alcoólica de couve roxa, implicando a utilização de etanol na sua preparação. O etanol apresenta perigo físico elevado potenciando o risco de acidente químico, o que é desnecessário para os

objetivos, pois a solução aquosa de couve roxa terá a mesma aplicação. Substituindo o etanol por água é possível cumprir os princípios 7 (Uso de matérias-primas renováveis) e 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) melhorando significativamente a verdura da atividade sem comprometer a utilização do indicador em questão.

A atividade 6.1c poderia melhorar a verdura se não fosse utilizada a gelatina (substância não renovável), o que não coloca em causa os objetivos da atividade, passando o princípio 7 ao cumprimento (pontuação 3).

A atividade 6.1a deve ser privilegiada relativamente à 6.1b e 6.1c pois é a que apresenta maior verdura, não cumprindo apenas o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) pois a preparação do indicador implica aquecimento.

A verdura das atividades 6.2a, 6.2d e 6.2f pode ser aumentada excluindo a lixívia que compromete o cumprimento dos princípios 1 (Prevenção) e 12.

Também poderia optar-se, apenas, pela utilização dos materiais do quotidiano degradáveis, melhorando, assim, o princípio 10 nas atividades 6.3a e 6.ab de identificação do carácter químico de materiais do quotidiano.

Quanto às atividades 6.2c e 6.2e, a sua verdura poderia melhorar caso não fosse testado o carácter químico da lixívia que é a única proposta que apresenta perigo moderado para a saúde humana, penalizando o cumprimento do princípio 1.

Seria aconselhável não utilizar a fenolftaleína, atendendo à sua toxicidade, optando por um indicador sem perigos. Também a utilização de indicador universal em solução deve ser evitada, sempre que possível, devido ao perigo físico elevado que apresenta, utilizando em detrimento deste o papel indicador universal que é inócuo, não apresentando indicação de perigos.

Relativamente à escolha dos indicadores o azul de tornessol (solução e papel), o papel indicador universal e a solução aquosa de couve roxa são as melhores opções uma vez que não apresentam perigos, sendo a última a melhor já que é preparada a partir de substâncias renováveis e degradáveis e parece permitir o cumprimento a maioria dos objetivos, ao nível do oitavo ano, apresentados nas orientações⁴ e metas curriculares⁵.

3.3.4 REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE

As atividades apontadas nos manuais avaliados neste grupo passam por reações químicas entre ácidos e bases; utilização de indicadores ácido-base, nomeadamente, solução alcoólica de fenolftaleína e indicador universal (em papel e em solução) para identificação do carácter químico das soluções envolvidas, avaliação do pH ao longo da reação e/ou deteção do ponto final da reação química; bem como, vaporização do solvente, em algumas atividades, do sal obtido na reação química.

Na Tabela 19 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 19. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE.

Substância	Atividades	Re.gulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Acetato de cálcio	7.1a; 7.1b	H315, H319, H335	2	1	1	3	3
Acetato de sódio (sol. aq. 0,3 mol.dm ⁻³)	7.2	-	1	1	1	1	3
Ácido acético (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	7.2	-	1	1	1	1	3
Ácido clorídrico (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	7.5; 7.6; 7.7a; 7.7b; 7.8b; 7.9a; 7.9b	-	1	1	1	3	3
Ácido clorídrico (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	7.4	-	1	1	1	3	3
Ácido clorídrico (sol. aq. 1 mol.dm ⁻³)	7.8a	H290; H315; H319; H335	2	1	2	3	3
Ácido nítrico (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	7.10	H315; H319	2	1	1	3	3
Água	7.1a; 7.1b; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5; 7.6; 7.7a; 7.7b; 7.8a; 7.8b; 7.9a; 7.9b; 7.10; 7.11	-	1	1	1	1	1
Carbonato de sódio	7.2	H319	2	1	1	1	1
Citrato de sódio	7.11	-	1	1	1	3	3
Cloreto de amónio	7.5	H302; H319	2	1	1	3	3
Cloreto de sódio ^c	7.4; 7.6; 7.7a; 7.7b; 7.8a; 7.8b; 7.9a; 7.9b	-	1	1	1	1	3
Cloro	7.11	H270, H315, H319, H331, H335, H400	3	3	3	3	3
Coca-cola	7.3	-	1	1	1	1	3
Detergente amoniacal	7.5	-	1	1	1	3	3
Dióxido de carbono ^c	7.1a; 7.1b	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono (expiração humana)	7.2	-	1	1	1	1	1
Etanol	7.2; 7.9a (lâmparina); 7.10 (lâmparina)	H225	1	1	3	1	3
Fenolftaleína (sol. alcoólica)	7.4; 7.8a; 7.8b; 7.11	H225; H341; H350	3	1	3	3	3

TABELA 19. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE (CONTINUAÇÃO).

Substância	Atividades	Re.gulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Fosfato de cobre ^a	7.3	-	3	3	3	3	3
Hidróxido de potássio (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	7.10	H314	3	1	1	3	3
Hidróxido de sódio (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	7.2; 7.6; 7.7b, 7.8b; 7.9a; 7.9b	H315, H319	2	1	1	3	3
Hidróxido de sódio (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	7.4; 7.7a	H314	3	1	1	3	3
Hidróxido de sódio (sol. aq. 1 mol.dm ⁻³)	7.8a	H314	3	1	1	3	3
Indicador universal (em papel)	7.7a; 7.7b; 7.8a; 7.8b; 7.10	-	1	1	1	3	3
Indicador universal (em solução)	7.5; 7.6	H225	1	1	3	3	3
Lixívia ^b	7.11	-	2	1	1	1	3
Moeda de cobre	7.3	-	1	1	1	3	3
Nitrato de potássio	7.10	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Ossos de frango	7.1a;	-	1	1	1	1	1
Ovos	7.1a; 7.1b	-	1	1	1	1	1
Sulfato de cobre(II) anidro	7.10	H302; H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Sulfato de cobre(II) hidratado	7.10	H302; H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Sumo de limão	7.11	-	1	1	1	1	1
Vermelho de fenol	7.2	-	1	1	1	3	3
Vinagre branco	7.1a; 7.1b	-	1	1	1	1	1

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a SDS desconhecido, considerado perigo máximo para saúde humana, ambiente e físico.

^b Sem SDS, considerado perigo moderado para saúde humana com base no rótulo da embalagem.

^c Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 25 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

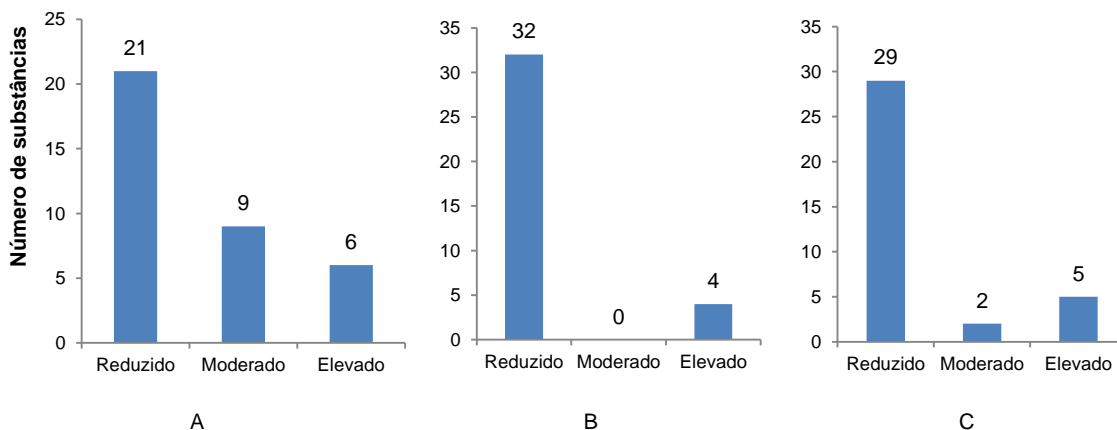


FIGURA 25. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 25 mostram que grande parte das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos para o ambiente e físicos. No entanto, 15 substâncias apresentam perigo moderado ou elevado para a saúde humana. Para o ambiente quatro apresentam perigo elevado. No que concerne a perigos físicos, 7 substâncias apresentam perigo moderado ou elevado.

Com os dados da Tabela 19 construíram-se também os gráficos das Fig. 26 e 27 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que 39% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 26) e que 23% dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 27).

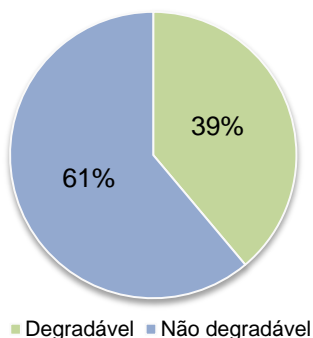


FIGURA 26. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DAS REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE.

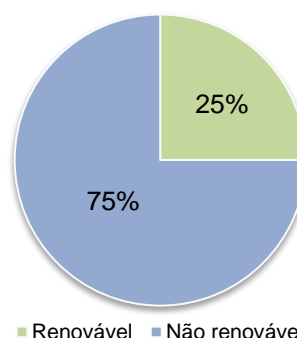
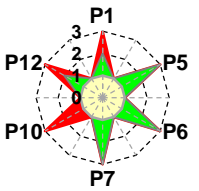
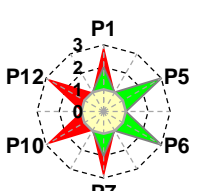
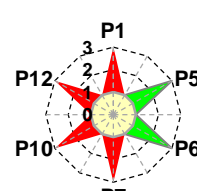
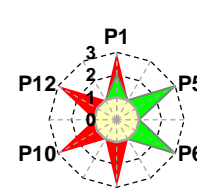
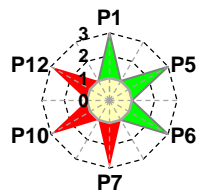
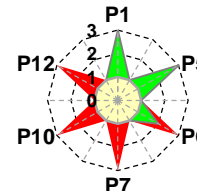
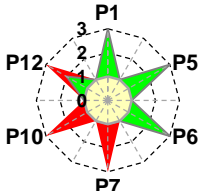
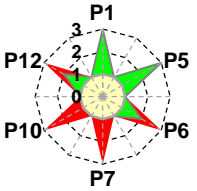
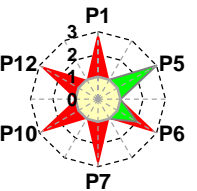
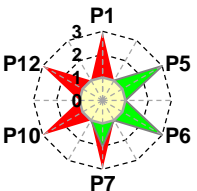


FIGURA 27. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DAS REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE.

Na Tabela 20 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 20. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE ÁCIDO-BASE

7.1a. Reação química entre vinagre e casca de ovo/ossos de frango ^{23,84a} 7.1b. Reação química entre vinagre e ovo ^{19,84c}	7.2. Reação química entre hidróxido de sódio e dióxido de carbono ^{23,85,123}	7.3. Limpar uma moeda de cobre com coca-cola ^{22,86}	7.5. Reação química entre ácido clorídrico e detergente amoniacal ^{27,88}
 IPE = 66,67	 IPE = 50,00	 IPE = 33,33	 IPE = 41,67
7.4. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (fenolftaleína) ^{31,87} 7.6. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (indicador universal em solução) ^{17,22,24-26,89} 7.8b. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (fenolftaleína e indicador universal em papel) – protocolo 2 ^{29,91b}	7.7a. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (indicador universal em papel) – protocolo 1 ^{21,90a} 7.8a. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (fenolftaleína e indicador universal em papel) – protocolo 1 ^{25,91a} 7.9a. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio – protocolo 1 ^{23,92a}		
 IPE = 50,00	 IPE = 41,67		
7.7b. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio (papel indicador universal) – protocolo 2 ^{24,90b}	7.9b. Reação química entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio – protocolo 2 ^{23,92b}	7.10. Reação química entre ácido nítrico e hidróxido de potássio ^{17,93}	7.11. Reação química entre lixívia e limão ^{24,94,124}
 IPE = 58,33	 IPE = 50,00	 IPE = 25,00	 IPE = 41,67

Análise das EV

O princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 7.4, 7.6, 7.7a, 7.7b, 7.8a, 7.8b, 7.9a e 7.9b pois os resíduos envolvidos das mesmas são inócuos, não apresentando indicação de perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido nas atividades 7.1a, 7.1b, 7.2 e 7.5 pois os resíduos destas apresentam perigo moderado para a saúde humana e/ou ambiente; sendo sendo totalmente penalizado (pontuação 1) nas restantes atividades pelo elevado perigo para a saúde humana e/ou ambiente apresentado pelos resíduos.

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois não são utilizadas substâncias auxiliares ou não há indicação de perigos para as mesmas. Em algumas atividades é utilizado o etanol (lamparina), no entanto, o seu perigo é apenas físico e este princípio apenas é penalizado por perigos para a saúde humana e para o ambiente.

Nas atividades, 7.7a, 7.8a, 7.9a, 7.9b e 7.10, o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) é parcialmente cumprido, pois embora ocorram a pressão ambiental, implicam temperatura entre 0°C e 100°C (aquecimento) para obtenção do sal formado nas mesmas. O mesmo princípio é cumprido nas atividades 7.1a-b, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 e 7.8b já que estas se realizam a pressão ambiental e não implicam qualquer aquecimento ou arrefecimento.

Apenas nas atividades 7.1a e 7.1b o princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis) é cumprido, sendo parcialmente cumprido nas atividades 7.2 e 7.7b, uma vez que pelo menos uma das matérias-primas utilizadas é renovável, dióxido de carbono e sumo de limão, respetivamente. Nas restantes atividades não é cumprido pois não incluem reagentes/matérias-primas renováveis.

O princípio 10 (Planificação para a degradação) não é cumprido em nenhuma das atividades pois em nenhuma delas as substâncias são todas degradáveis a produtos inócuos.

Já o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) não é cumprido em nenhuma das atividades sendo parcialmente cumprido (pontuação 2) nas atividades 7.1a, 7.1b, 7.7b e 7.9b. Nas restantes é totalmente penalizado (pontuação 1) pois pelo menos uma substância apresenta perigo físico e/ou para a saúde humana elevados, nomeadamente, a fenolftaleína, o indicador universal em solução, o etanol, o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio.

O hidróxido de potássio (atividade 7.10), não deveria ser utilizado em contexto escolar uma vez que apresenta perigo elevado para a saúde humana.

Nas atividades 7.7a, 7.8a, 7.9a, 7.9b e 7.10 poderia proceder-se à vaporização do solvente sem recorrer ao aquecimento, quer com placa de aquecimento quer com lamparina de álcool, melhorando, assim, o princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética) que passaria a ser cumprido. O processo de obtenção do sal poderia decorrer à temperatura ambiente demorando, apenas, mais tempo.

No caso das atividades 7.9a e 7.10 seria também evitado o uso de etanol (lamparina de álcool), que apresenta perigo físico elevado, aumentando a prevenção no que concerne ao risco de acidente químico. No que concerne à atividade 7.9a seria ainda melhorado o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) passando a sua pontuação de 1 para 2.

O uso da fenolftaleína será de evitar uma vez que esta solução alcoólica apresenta perigo elevado para a saúde humana e físico. Sempre que possível, e sem prejuízo dos objetivos das atividades, deve dar-se preferência ao papel indicador universal, que não apresenta perigos e permite fazer a avaliação de pH exigida na maioria das atividades avaliadas.

Na atividade 7.7a, a concentração da solução de hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$) poderia ser reduzida, não parecendo esta alteração colocar em causa o cumprimento dos objetivos da mesma, reduzindo os perigos que lhe estão associados e passando o princípio 12 de pontuação 1 para pontuação 2.

Também na atividade 7.8a, as concentrações das soluções de hidróxido de sódio (1 mol.dm^{-3}) e de ácido clorídrico (1 mol.dm^{-3}) poderiam ser reduzidas, o que, mesmo não melhorando a verdura da estrela (devido a utilização de fenolftaleína, que também poderia ser evitada, uma vez que se avalia o pH com papel indicador universal) exporia os estudantes e professores a menores perigos.

Na atividade 7.11 liberta-se cloro, que acarreta perigo elevado para a saúde humana, ambiente e físico e que não deve ser inalado pelos estudantes, sendo por isso uma atividade a evitar, apesar de partir de materiais do quotidiano.

3.3.5 REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO

As atividades apontadas nos manuais avaliados neste grupo são reações químicas entre soluções aquosas de sais com formação de um precipitado ou verificação da solubilidade de sais em água.

Na atividade 8.10, não estavam indicados os sais a utilizar para a formação dos silicatos. Foram escolhidos os sais que apresentam menores perigos para a saúde humana, ambiente e físicos.

Na Tabela 21 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 21. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO.

Substância	Atividades	Re.gulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Água	8.1; 8.2a; 8.2b; 8.3; 8.7; 8.8; 8.9; 8.10; 8.11; 8.12; 8.15; 8.16	-	1	1	1	1	1
Brometo de prata (s) ^c	8.10	-	1	1	1	3	3
Carbonato de cálcio (s)	8.2a; 8.2b; 8.7; 8.10	-	1	1	1	1	3
Carbonato de cobre(II) (s)	8.14	H302; H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Carbonato de prata (s)	8.4	H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Carbonato de sódio (s)	8.7; 8.8	H319	2	1	1	1	1
Carbonato de sódio (sol. aq)	8.2a; 8.2b; 8.4; 8.14	-	1	1	1	1	1
Carbonato de zinco(II) (s)	8.8	-	1	1	1	3	3
Cloreto de bário (sol. aq. 0,05 mol/dm ⁻³)	8.12	H302; H332	2	1	1	3	3
Cloreto de cálcio (sol. aq)	8.2a; 8.2b; 8.9; 8.16	-	1	1	1	1	3
Cloreto de chumbo (s)	8.16	H302; H332; H360Df; H373; 410	3	3	1	3	3
Cloreto de cobre(I) (s) ^c	8.10	H302; H410	2	3	1	3	3
Cloreto de níquel(II) (s)	8.3	H301; H315; H317; H331; H334; H341; H350i; H360D; H372; H410	3	3	3	3	3
Cloreto de prata (s)	8.3; 8.5	H400	1	3	1	3	3
Cloreto de sódio	8.5	-	1	1	1	1	1
Cloreto de sódio ^b	8.2a; 8.2b; 8.8; 8.12	-	1	1	1	1	3
Cloreto de zinco(II) (s)	8.8; 8.9	H302; H314; H410	3	3	1	3	3
Cromato de potássio (sol. aq 0,5-1%)	8.13	H317; H340; H350i; H411	3	3	1	3	3
Cromato de prata (s)	8.13	H272 (categoria 2); H317; H350i; H410	3	3	3	3	3

TABELA 21. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO (CONTINUAÇÃO).

Substância	Atividades	Re.gulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Hidróxido de magnésio (s)	8.11	H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Iodeto de chumbo (s)	8.1	H302; H332; H360; H370; H410	3	3	1	3	3
Iodeto de potássio (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	8.1; 8.6	-	1	1	1	3	3
Iodeto de prata (s)	8.6	H410	1	3	1	3	3
Limpa-vidros amoniacal	8.11	-	1	1	1	3	3
Nitrato de cálcio (s)	8.7; 8.9; 8.16	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Nitrato de chumbo (s)	8.1; 8.15; 8.16	H272 (categoria 2); H302+H332; H318; H360Df; H373; H410	3	3	3	3	3
Nitrato de níquel(II) (s)	8.3	H272 (categoria 2); H302+H332; H315; H317; H318; H334; H341; H350i; H360D; H372; H410	3	3	3	3	3
Nitrato de potássio (s)	8.1; 8.6; 8.13	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Nitrato de prata (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	8.3; 8.4; 8.5; 8.6; 8.13	H315; H318; H410	3	3	1	3	3
Nitrato de sódio	8.4; 8.5; 8.7; 8.15	H272 (categoria 3); H302; H315; H319; H335	2	1	2	3	3
Nitrato de zinco	8.9	H272 (categoria 2); H302; H315; H319; H335; H410	2	3	3	3	3
Óxido de cobalto(II) (s) ^c	8.10	H302; H317; H410	2	3	1	3	3
Óxido de níquel(II) (s) ^c	8.10	H317; H350i; H372; H413	3	2	1	3	3
Sais epsom (sulfato de magnésio)	8.11	-	1	1	1	3	3
Silicato de cálcio (s)	8.10	H319; H335	2	1	1	3	3
Silicato de cobalto ^a (s)	8.10	-	3	3	3	3	3
Silicato de cobre ^a (s)	8.10	-	3	3	3	3	3
Silicato de ferro ^a (s)	8.10	-	3	3	3	3	3
Silicato de níquel ^a (s)	8.10	-	3	3	3	3	3
Silicato de prata ^a (s)	8.10	-	3	3	3	3	3
Silicato de sódio (s)	8.10	H314; H335	3	1	1	3	3
Silicato de sódio (sol. aq.)	8.10	H314; H335	3	1	1	3	3
Sulfato de amónia (sol. aq. 1 mol.dm ⁻³)	8.11	-	1	1	1	3	3
Sulfato de bário (s)	8.12	-	1	1	1	3	3
Sulfato de chumbo (s)	8.15	H302; H332; H360Df; H373; H410	3	3	1	3	3
Sulfato de cobre(II) (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	8.14	H411	1	3	1	3	3
Sulfato de sódio (s)	8.12; 8.14; 8.15	-	1	1	1	3	3
Sulfureto de ferro (s) ^c	8.10	-	1	1	1	3	3

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a SDS desconhecido, considerado perigo máximo para saúde humana, ambiente e físico.

^b Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

^c Escolhidos sais com menor perigo para a saúde humana, ambiente e físicos, com base nos silicatos a formar indicados no manual.

Na Fig. 28 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

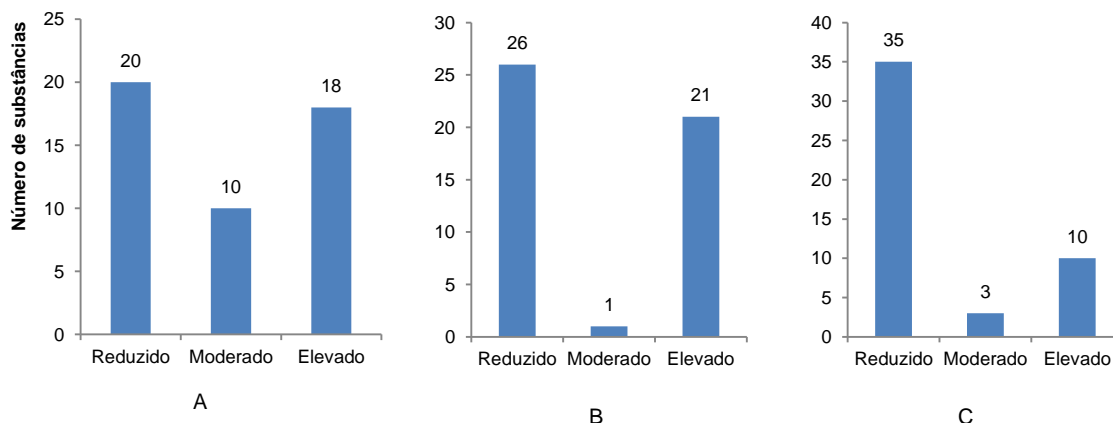


FIGURA 28. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 28 mostram que cerca de dois terços das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos moderado (10) ou elevado (18) para a saúde humana. No que diz respeito a perigos para o ambiente 21 das 48 substâncias apresenta perigo elevado e uma apresenta perigo moderado (óxido de níquel(II)). No que concerne a perigos físicos, 13 das substâncias apresentam perigo moderado ou elevado.

Com os dados da Tabela 21 construíram-se também os gráficos das Fig. 29 e 30 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que 85% das substâncias não são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 29) e que 83% dos reagentes/matérias-primas não são renováveis (Fig. 30).

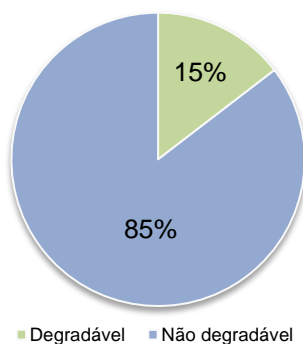


FIGURA 29. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DAS REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO.

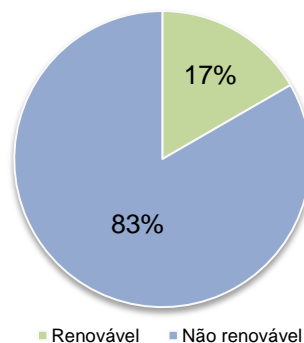
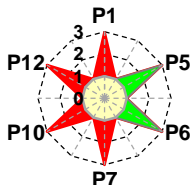
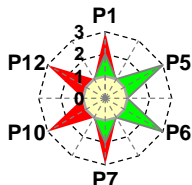
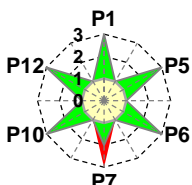
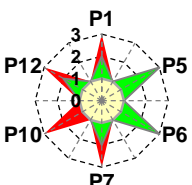
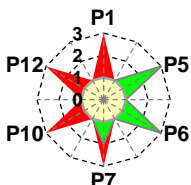
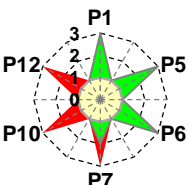
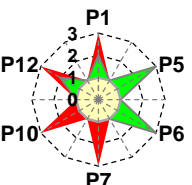
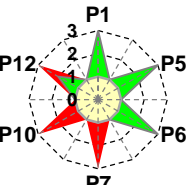


FIGURA 30. RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES NO GRUPO DAS REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO.

Na Tabela 22 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 22. EV E RESPETIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DAS REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO.

8.1. Reação química entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio ^{31,51c} 8.3. Reação química entre nitrato de prata e cloreto de níquel ^{24,96} 8.6. Reação química entre nitrato de prata e iodeto de potássio ^{21,24,99} 8.9. Reação química entre nitrato de cálcio e cloreto de zinco ^{29,101} 8.10. Jardim de silicatos ^{23,102,125} 8.13. Reação química entre nitrato de prata e cromato de potássio ^{21,104} 8.15. Reação química entre nitrato de chumbo e sulfato de sódio ^{18,106} 8.16. Reação química entre nitrato de chumbo e cloreto de cálcio ^{18,107}		8.4. Reação química entre nitrato de prata e carbonato de sódio ^{24,97}	
 <p>IPE = 33,33</p>	 <p>IPE = 50,00</p>		
8.2a. Reação química entre carbonato de sódio e cloreto de cálcio – protocolo 1 ^{18,25,95a} 8.2b. Reação química entre carbonato de sódio e cloreto de cálcio – protocolo 2 ^{26,95b}	8.7. Reação química entre nitrato de cálcio e carbonato de sódio ^{29,99} 8.14. Reação química entre carbonato de sódio e sulfato de cobre(II) ^{21,105}		
 <p>IPE = 91,67</p>	 <p>IPE = 58,33</p>		
8.5. Reação química entre nitrato de prata e cloreto de sódio ^{24,50b}	8.8. Reação química entre cloreto de zinco e carbonato de sódio ^{29,100}	8.11. Reação química entre sais epsom e limpa vidros amoniacal ^{30,103}	8.12. Reação química entre cloreto de bário e sulfato de sódio ^{21,53b}
 <p>IPE = 41,67</p>	 <p>IPE = 58,33</p>	 <p>IPE = 50,00</p>	 <p>IPE = 58,33</p>

Análise das EV

O princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 8.2a, 8.2b, 8.8 e 8.12, pois os resíduos envolvidos nas mesmas não apresentam indicação de perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido nas atividades 8.4, 8.7, 8.11 e 8.14, já que os resíduos apresentam perigo moderado para a saúde humana e/ou ambiente; sendo pontuado com 1 nas restantes atividades pelo elevado perigo apresentado pelos resíduos.

Todas as atividades cumprem os princípios 5 e 6 pois não são utilizadas substâncias auxiliares e todas as reações químicas ocorrem a pressão e temperatura ambientais, respetivamente.

Em nenhuma das atividades o princípio 7 (Uso de matérias-primas renováveis) é cumprido, sendo parcialmente cumprido nas atividades 8.2a, 8.2b, 8.4, 8.5, 8.7, 8.8 e 8.14, uma vez que um dos reagentes/matérias-primas utilizadas é renovável.

Apenas nas atividades 8.2a e 8.2b o princípio 10 é cumprido, distinguindo-se das restantes pois todas as substâncias são degradáveis a produtos inócuos. Nas restantes atividades este princípio sofre a penalização máxima já que pelo menos uma substância envolvida não é degradável a produtos inócuos.

Já o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) apenas é cumprido nas atividades 8.2a e 8.2b, uma vez que as substâncias envolvidas não apresentam perigos para a saúde e/ou físico. Nas atividades 8.7, 8.11, 8.12 e 8.14 é parcialmente cumprido (pontuação 2) e nas restantes é totalmente penalizado (pontuação 1), pois pelo menos uma substância apresenta perigo moderado ou elevado para a saúde humana e/ou físico, respetivamente.

Tendo em conta os objetivos para este grupo de atividades é desnecessária a manipulação de substâncias com elevado perigo físico, para a saúde humana e para o ambiente.

O nitrato de chumbo (atividades 8.1, 8.15 e 8.16) e o cloreto de níquel (atividade 8.3), não deveriam ser utilizados em contexto escolar dado os perigos a que expõem os seus utilizadores e ambiente.

Também a utilização do nitrato de prata (atividades 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 e 8.13) e cromato de potássio (atividade 8.13) deve ser evitada uma vez que apresentam perigos elevados para a saúde humana e ambiente apenas não apresentando, relativamente aos anteriores, perigo físico elevado.

Deve, também, ser dada especial atenção aos resíduos que se formam das reações químicas já que estes podem apresentar perigos elevados para a saúde humana e ambiente e potenciar o risco de acidente químico, nomeadamente o nitrato de níquel (atividade 8.3), o cromato de prata (atividade 8.13), o iodeto de chumbo (atividade 8.1), o cloreto de chumbo (atividade 8.16) e o sulfato de chumbo (atividade 8.15).

3.3.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Fig. 31 resume os resultados obtidos na avaliação anterior mediante uma distribuição da frequência das atividades em função do respetivo IPE. A média dos IPE das 76 atividades avaliadas neste subdomínio é 48,9.

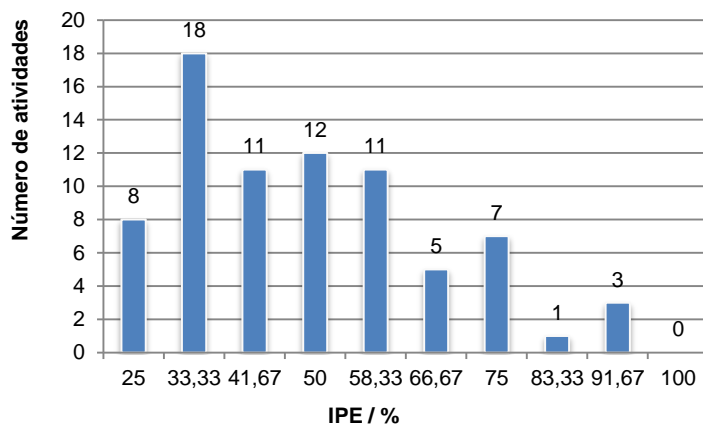


FIGURA 31. FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO TIPO DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

A Fig. 31 permite constatar que nenhuma das atividades cumpre todos os princípios, apresentando verdura máxima (IPE = 100). Sendo que três delas apresentam um valor de IPE (91,67) próximo da verdura máxima, falhando parcialmente apenas um princípio. Dezoito atividades apresentam o 33,33 para o valor de IPE.

A Fig. 32 apresenta a distribuição da frequência em função do IPE e permite constatar que 49% das atividades laboratoriais avaliadas apresentam um IPE inferior a 50 e que apenas 5% apresentam um IPE entre 80 e 100.

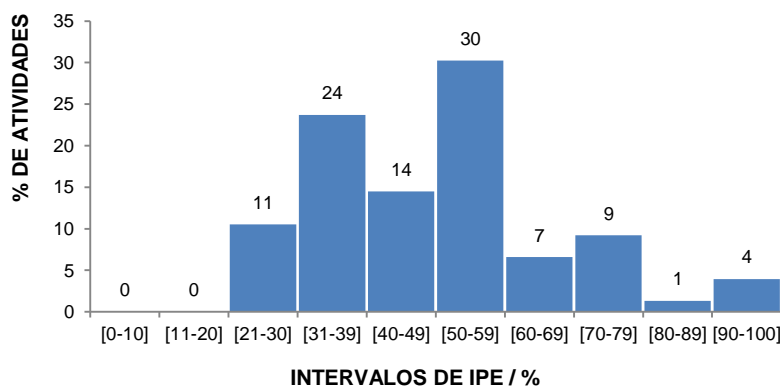


FIGURA 32. DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO TIPOS DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

3.4 VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS

O objetivo geral deste subdomínio, apontado nas metas curriculares⁵, é compreender que as reações químicas ocorrem a velocidades diferentes, que é possível modificar e controlar.

Nas orientações curriculares⁴ é sugerida, como importante, a realização de atividades de modo a identificar fatores que influenciam a velocidade das reações químicas e as metas curriculares⁵ sugerem que os estudantes devem concluir, através de uma atividade experimental, quais são os efeitos, na velocidade de reações químicas, da concentração dos reagentes, da temperatura, do estado de divisão dos reagentes sólidos e da presença de um catalisador apropriado.

As atividades apontadas nos manuais avaliados neste grupo passam por reações químicas em que se avalia o efeito, na velocidade da reação, do estado de divisão dos reagentes, da concentração dos reagentes, da temperatura a que a reação ocorre e da utilização de catalisadores.

Na Tabela 23 apresentam-se as 26 atividades laboratoriais avaliadas.

TABELA 23. ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS

Velocidade das Reações Químicas	Referência	Anexo
Atividade 9.1: Reação química entre ácido clorídrico e magnésio		
9.1a: efeito do grau de divisão dos reagentes	(27),(31)	(54, alínea c)
9.1b: efeito da temperatura – protocolo 1	(31)	(54, alínea d)
9.1c: efeito da temperatura – protocolo 2	(27)	(54, alínea d)
9.1d: efeito da concentração	(31)	(54, alínea e)
9.1e: velocidade da reação	(26)	(54, alínea f)
Atividade 9.2: Decomposição da água oxigenada		
9.2a: com dióxido de manganês(IV)	(17),(20),(31)	(108, alínea a)
9.2b: com batata/sangue	(20),(22),(24), (26),(31)	(108, alínea b)
9.2c: com fígado fresco	(30)	(108, alínea c)
Atividade 9.3: Reação química entre casca de ovo e ácido clorídrico		
9.3a: efeito do grau de divisão dos reagentes	(25)	(109, alínea a)
9.3b: efeito da temperatura	(25)	(109, alínea b)
Atividade 9.4: Reação química entre sulfato de cobre(II) e ferro		
9.4a: protocolo 1	(25)	(62, alínea b)
9.4b: protocolo 2	(26)	(62, alínea c)
Atividade 9.5: Reação química entre ácido clorídrico e carbonato de cálcio		
9.5a: protocolo 1	(29)	(110, alínea a)
9.5b: protocolo 2	(20),(24)	(110, alínea b)
9.5c: protocolo 3	(22)	(110, alínea c)
Atividade 9.6: Reação química entre ácido clorídrico e o tiosulfato de sódio		
9.6a: efeito da concentração	(22),(26)	(111, alínea a)
9.6b: efeito da temperatura – protocolo 1	(26)	(111, alínea b)
9.6c: efeito da temperatura – protocolo 2	(22)	(111, alínea c)
Atividade 9.7: Reação química entre ácido clorídrico e bicarbonato de sódio	(24)	(48, alínea b)
Atividade 9.8: Combustão do açúcar	(24)	(112)
Atividade 9.9: Reação química entre vinagre e fermento		
9.9a: efeito da concentração	(28)	(49, alínea c)
9.9b: efeito da temperatura	(24)	(49, alínea d)
Atividade 9.10: Reação química entre ácido clorídrico e <i>alka-seltzer</i>		
9.10a: velocidade da reação	(21)	(113, alínea a)
9.10b: efeito da temperatura	(21)	(113, alínea b)
Atividade 9.11: Reação química entre permanganato de potássio e glicerol	(22)	(114)
Atividade 9.12: Velocidade da reação química – comparação entre a reação de ácido clorídrico com magnésio e com zinco	(18)	(115)

Na Tabela 24 apresenta-se a pontuação das substâncias envolvidas quanto aos perigos, degradabilidade e renovabilidade.

TABELA 24. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS.

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Acetato de sódio (sol. aq. 0,3 mol.dm ⁻³)	9.9a; 9.9b	-	1	1	1	1	3
Ácido clorídrico (0,01 mol.dm ⁻³)	9.3a; 9.3b; 9.5b; 9.5c; 9.6a; 9.6b; 9.6c; 9.7; 9.10a; 9.10b	-	1	1	1	3	3
Ácido clorídrico (0,4 mol.dm ⁻³)	9.1e; 9.1c; 9.12	H290	1	1	2	3	3
Ácido clorídrico (2,0 mol.dm ⁻³)	9.1a; 9.1b; 9.1d; 9.5a	H290	1	1	2	3	3
Ácido clorídrico (4,0 mol.dm ⁻³)	9.1d	H290; H315; H319; H335	2	1	2	3	3
Açúcar	9.8	-	1	1	1	1	1
Água	9.1b; 9.2a; 9.2b; 9.2c; 9.3a; 9.3b; 9.5a; 9.5b; 9.5c; 9.6a; 9.6b; 9.6c; 9.7; 9.8; 9.9a; 9.9b; 9.10a; 9.10b; 9.11	-	1	1	1	1	1
Água oxigenada (10 volumes - 3%)	9.2a; 9.2b; 9.2c	-	1	1	1	1	3
Alka Seltzer (pastilhas)	9.10a; 9.10b	-	1	1	1	3	3
Ar (oxigênio)	9.8	-	1	1	1	1	1
Batata	9.2b	-	1	1	1	1	1
Bicarbonato de sódio	9.7	-	1	1	1	3	3
Carbonato de cálcio (pó e/ou pedra)	9.5a; 9.5b; 9.5c	-	1	1	1	1	3
Carbonato de potássio (sólido)	9.11	H302; H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Casca de ovo	9.3a; 9.3b	-	1	1	1	1	1
Cinzas	9.8	-	1	1	1	3	3
Cloreto de cálcio (sol. aq)	9.3a; 9.3b; 9.5a; 9.5b; 9.5c	-	1	1	1	1	3
Cloreto de magnésio (sol. aq)	9.1a; 9.1b; 9.1c; 9.1d; 9.1e; 9.12	-	1	1	1	3	3
Cloreto de sódio ^a	9.6a; 9.6b; 9.6c; 9.7; 9.10a; 9.10b	-	1	1	1	1	3
Cloreto de zinco(II) (sol.aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	9.12	H315; H319; H411	2	3	1	3	3
Cobre (sólido)	9.4a; 9.4b	H228 (categoria 1); H410	1	3	3	3	3
Dióxido de carbono ^a	9.3a; 9.3b; 9.5a; 9.5b; 9.5c; 9.7; 9.9a; 9.9b; 9.10a; 9.10b; 9.11	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono	9.8	-	1	1	1	1	1
Dióxido de enxofre	9.6a; 9.6b; 9.6c	H314; H315	3	1	1	3	3
Dióxido de manganês(IV)	9.2a	H272 (categoria 2); H302+H332	2	1	3	3	3

TABELA 24. PONTUAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUANTO AOS PERIGOS (REGULAMENTAÇÃO GHS), DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS (CONTINUAÇÃO).

AVALIADA NO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS (CONTINUAÇÃO).

Substância	Atividades	Regulamentação GHS				Pontuação para	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para...			D	R
			SH	A	F		
Enxofre	9.6a; 9.6b; 9.6c	H228 (categoria 2); H315	2	1	2	3	3
Etanol (Iamparina)	9.6c; 9.8	H225	1	1	3	1	3
Fermento	9.9a; 9.9b	-	1	1	1	1	3
Ferro (pó)	9.4b	H228 (categoria 1)	1	1	3	3	3
Fígado fresco	9.2c	-	1	1	1	1	1
Gelo	9.3b; 9.10b	-	1	1	1	1	1
Glicerol	9.11	-	1	1	1	1	1
Hidrogénio	9.1a; 9.1b; 9.1c; 9.1d; 9.1e; 9.12	H220	1	1	3	3	3
Magnésio (fita)	9.1a; 9.1b; 9.1c; 9.1d; 9.1e; 9.12	H228 (categoria 1); H251; H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3
Oxigénio	9.2a; 9.2b; 9.2c	H270	1	1	3	1	1
Palha-d' aço	9.4a	-	1	1	1	3	3
Permanganato de potássio (sólido)	9.11	H272 (categoria 2); H302; H410	2	3	3	3	3
Prego	9.4a; 9.4b	-	1	1	1	3	3
Sangue	9.2b	-	1	1	1	1	1
Sulfato de cobre(II) (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	9.4a; 9.4b	H411	1	3	1	3	3
Sulfato de ferro(II) (sol. aq. 0,1 mol.dm ⁻³)	9.4a; 9.4b	H315; H319	2	1	1	3	3
Tiossulfato de sódio (sol. aq. 0,01 mol.dm ⁻³)	9.6a; 9.6b; 9.6c	-	1	1	1	3	3
Trióxido de manganês (sólido)	9.11	H315; H319; H335	2	1	1	3	3
Vinagre	9.9a; 9.9b	-	1	1	1	1	1
Zinco (palhetas)	9.12	H251; H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3

^a SH – Saúde humana; A – Ambiente; F – Físico; D – Degradabilidade; R – Renovabilidade.

^a Deriva de reagentes/matérias-primas não renováveis por isso não se considera renovável.

Na Fig. 33 apresenta-se a pontuação dos perigos para a saúde humana, ambiente e perigos físicos de todas as substâncias envolvidas, tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

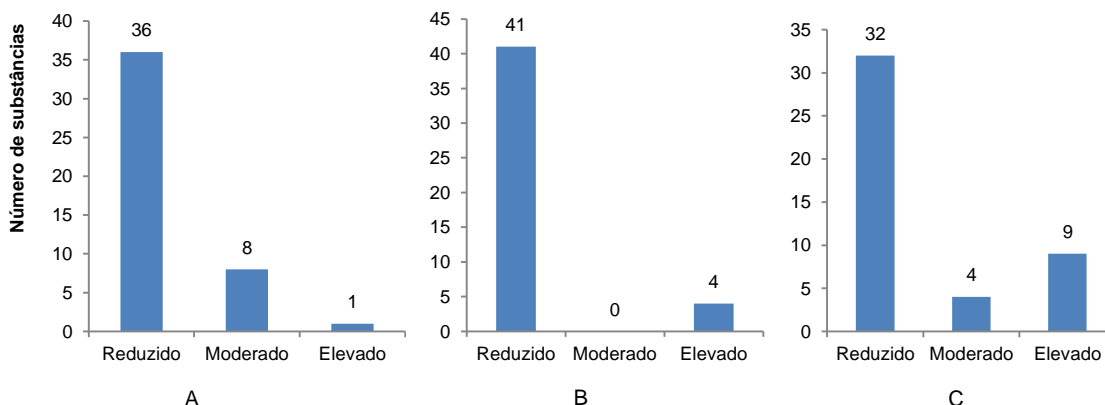


FIGURA 33. PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES; A – SAÚDE HUMANA; B – AMBIENTE; C – PERIGOS FÍSICOS.

Os gráficos da Fig. 33 mostram que grande parte das substâncias envolvidas nas atividades apresentam perigos reduzidos. No entanto, 9 das substâncias apresentam perigo moderado ou elevado para a saúde humana. Para o ambiente apenas quatro apresentam perigo elevado. No que concerne a perigos físicos, 13 substâncias apresentam perigo moderado ou elevado.

Com os dados da Tabela 24 construíram-se também os gráficos das Fig. 34 e 35 que mostram a percentagem de substâncias degradáveis e renováveis no conjunto das substâncias e reagentes/matérias-primas utilizadas, respetivamente. Os gráficos mostram que 44% das substâncias são degradáveis a produtos inócuos (Fig. 34) e que 34% dos reagentes/matérias-primas são renováveis (Fig. 35).

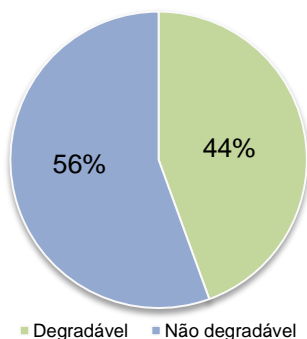


FIGURA 34. DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS.

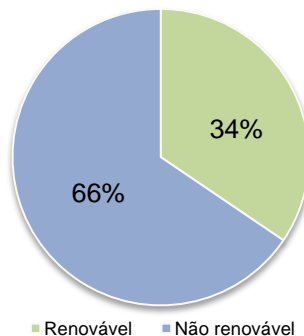


FIGURA 35. RENOVABILIDADE REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDAS NAS ATIVIDADES DO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS.

Na Tabela 25 apresentam-se as EV obtidas que resultam da avaliação da verdura.

TABELA 25. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS

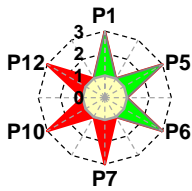
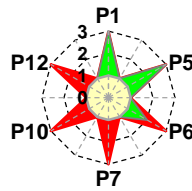
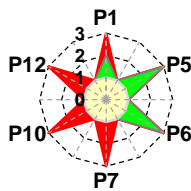
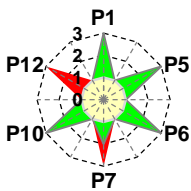
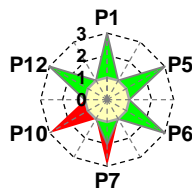
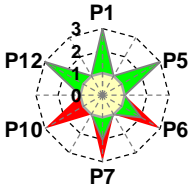
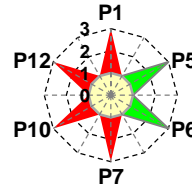
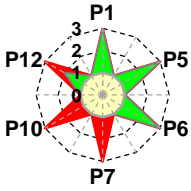
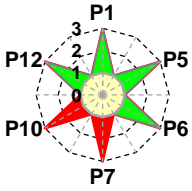
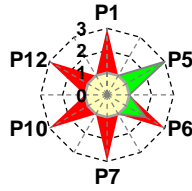
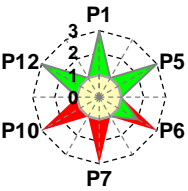
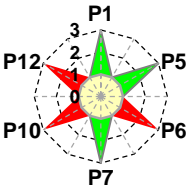
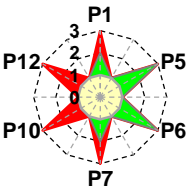
9.1. Reação química entre ácido clorídrico e magnésio: 9.1a: efeito de grau de divisão dos reagentes ^{27,31,54c} 9.1d. efeito da concentração ^{31,54e} 9.1e. velocidade da reação ^{26,54f}		9.1. Reação química entre ácido clorídrico e magnésio: 9.1b: efeito da temperatura – protocolo 1 ^{31,54d} 9.1c. efeito da temperatura – protocolo 2 ^{27,54d}	
 IPE = 50,00		 IPE = 41,67	
9.2a. Decomposição da água oxigenada com dióxido de manganês(IV) ^{17,20,31,108a}	9.2. Decomposição da água oxigenada: 9.2b: com batata/sangue ^{20,22,24,26,31,108b} 9.2c. com fígado fresco ^{30,108c}	9.3a. Reação química entre casca de ovo e ácido clorídrico (efeito do grau de divisão dos reagentes) ^{25,109a} 9.9a. Reação química entre vinagre e fermento (efeito da concentração) ^{28,49c}	
 IPE = 41,67	 IPE = 75,00	 IPE = 75,00	
9.3b. Reação química entre casca de ovo e ácido clorídrico (efeito da temperatura) ^{25,109b} 9.9b. Reação química entre vinagre e fermento (efeito da temperatura) ^{24,49d}	9.4a: Reação química entre sulfato de cobre(II) e ferro – protocolo 1 ^{25,62b} 9.4b: Reação química entre sulfato de cobre(II) e ferro – protocolo 2 ^{26,62c} 9.6a. Reação química entre ácido clorídrico e tiosulfato de sódio (efeito da concentração) ^{22,26,111a,126} 9.12. Velocidade de reação química – comparação entre as reações de ácido clorídrico com magnésio e com zinco ^{18,115}		
 IPE = 66,67	 IPE = 33,33		
9.5a: Reação química entre ácido clorídrico e carbonato de cálcio – protocolo 1 ^{25,110a}	9.5b: Reação química entre ácido clorídrico e carbonato de cálcio – protocolo 2 ^{20,24,110b} 9.5c: Reação química entre ácido clorídrico e carbonato de cálcio – protocolo 3 ^{22,110c} 9.10a. Reação química entre ácido clorídrico e <i>alkaseltzer</i> ^{21,113a}	9.6b. Reação química entre ácido clorídrico e tiosulfato de sódio (efeito da temperatura) – protocolo 1 ^{26,111b,126} 9.6c. Reação química entre ácido clorídrico e tiosulfato de sódio (efeito da temperatura) – protocolo 2 ^{22,111c,126}	
 IPE = 58,33	 IPE = 66,67	 IPE = 25,00	

TABELA 25. EV E RESPECTIVOS IPE DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO GRUPO DA VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS (CONTINUAÇÃO)

9.7. Reação química entre ácido clorídrico e bicarbonato de sódio ^{24,48b} 9.10b. Reação química entre ácido clorídrico e alkaseltzer (efeito da temperatura) ^{21,113b}	9.8. Combustão do açúcar ^{24,112}	9.11. Reação química entre permanganato de potássio e glicerol ^{21,114,127,128}
 <p>IPE = 58,33</p>	 <p>IPE = 50,00</p>	 <p>IPE = 50,00</p>

Análise das EV

O princípio 1 (Prevenção) é cumprido nas atividades 9.1a-e, 9.2b, 9.2c, 9.3a, 9.3b, 9.5a-c, 9.7, 9.8, 9.9a, 9.9b, 9.10a e 9.10b pois os resíduos envolvidos nas mesmas são inócuos, não apresentando indicação de perigos. O mesmo princípio é parcialmente cumprido nas atividades 9.2a e 9.11 já que os resíduos apresentam perigo moderado para a saúde humana e/ou ambiente; sendo totalmente penalizado nas restantes atividades pelo elevado perigo apresentado pelos resíduos.

Todas as atividades cumprem o princípio 5 pois não são utilizadas substâncias auxiliares ou estas não apresentam perigos. Em algumas atividades é utilizado o etanol (lâmparina) mas esta substância acarreta só perigo físico que não penaliza este princípio.

Relativamente ao princípio 6 (Planificação para conseguir eficiência energética), apenas não é cumprido na atividade 9.8 pois implica aquecimento acima de 100°C. O mesmo princípio é cumprido parcialmente, nas atividades 9.1b, 9.1c, 9.3b, 9.6b, 9.6c, 9.7, 9.9b e 9.10b, que embora ocorram a pressão ambiental, implicam aquecimento ou arrefecimento entre 0°C e 100°C. Este princípio é cumprido nas restantes atividades, já que estas se realizam a temperatura e pressão ambientais.

Apenas na atividade 9.8 o princípio 7 é cumprido já que esta se distingue das restantes por contemplar reagentes/matérias-primas renováveis. O princípio é parcialmente cumprido nas atividades 9.2b, 9.2c, 9.3a, 9.3b, 9.9a, 9.9b e 9.11, uma vez que pelo menos um dos reagentes/matérias-primas utilizados é renovável. Nas restantes atividades o princípio é penalizado uma vez que não envolve reagentes/matérias-primas renováveis.

Apenas nas atividades 9.2b e 9.2c o princípio 10 é cumprido, pois são as únicas em que todas as substâncias são degradáveis a produtos inócuos. Nas restantes é pontuado com 1 pois pelo menos uma substância não é degradável a produtos inócuos.

Já o princípio 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) é cumprido nas atividades 9.3a, 9.3b, 9.5b, 9.5c, 9.7, 9.9a, 9.9b, 9.10a e 9.10b uma vez que as substâncias não apresentam perigo para a saúde humana e/ou físico. Nas atividades 9.4a e 9.5a é parcialmente cumprido (pontuação 2) e nas restantes é totalmente penalizado (pontuação 1) pois pelo menos uma substância apresenta perigo moderado ou elevado, respetivamente.

O dióxido de manganês(IV) (atividade 9.2a), poderia facilmente ser substituído por batata que não apresenta perigos, é renovável e degradável, sem prejuízo dos objetivos educacionais da atividade. A utilização de batata em detrimento do dióxido de manganês (IV) melhora significativamente a verdura da atividade, passando o princípio 1 (Prevenção) de parcialmente cumprido para cumprido, e os princípios 7 (Uso de matérias-primas renováveis) e 10 (Planificação para a degradação) de pontuação 1 para pontuação 3.

O permanganato de potássio (atividade 9.11) não deve ser manipulado em contexto escolar já que apresenta perigo moderado para a saúde humana e perigo elevado para o ambiente e físico.

Das atividades propostas, para a avaliação do efeito de um catalisador na velocidade de uma reação, a 9.2b e 9.2c devem ser privilegiadas relativamente à 9.2a.

Nas atividades 9.5a, 9.5b, 9.5c, 9.7, 9.10a, 9.10b o ácido clorídrico poderia ser substituído por vinagre, já que este é renovável e degradável a produtos inócuos, o que parece não colocar em causa os objetivos propostos. A utilização de vinagre em detrimento do ácido clorídrico permitiria o cumprimento dos princípios 7 e 10, no caso das atividades 9.5a-c, melhorando significativamente a verdura das mesmas. Para as atividades 9.7 e 9.10a-b, a verdura não seria alterada, mas como já foi referido passaria a utilizar-se uma substância degradável e renovável.

As atividades 9.4a e 9.4b apresentam a mesmo objetivo e a mesma estrela, no entanto, na 9.4b é sugerida a utilização de ferro (pó) que apresenta perigo físico elevado, enquanto na 9.4a é sugerida a utilização de palha d' aço que não apresenta perigos. Deve por isso utilizar-se palha d' aço em detrimento do ferro em pó, o que permite o cumprimento parcial do princípio 12.

As atividades 9.6b e 9.6c apresentam a mesma estrela, no entanto, na primeira o aquecimento é realizado utilizando placa de aquecimento, enquanto que na segunda é sugerida a utilização de lamparina de álcool. Dado que o etanol acarreta perigo físico elevado, deve ser dada preferência à atividade 9.6b, pois embora a verdura seja a mesma, os perigos a que são expostos os estudantes e/ou professores são menores.

3.4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Fig. 36 resume os resultados obtidos na avaliação anterior mediante uma distribuição da frequência das atividades em função do respetivo IPE. A média dos IPE das 26 atividades avaliadas neste subdomínio é 52,56.

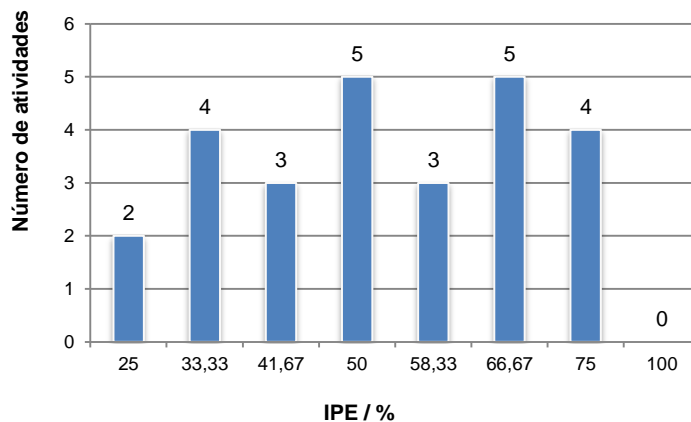


FIGURA 36. FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES NO SUBDOMÍNIO VELOCIDADE DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

A partir da Fig. 36 podemos constatar que nenhuma das atividades cumpre todos os princípios, apresentando verdura máxima (IPE=100) e que existe uma heterogeneidade na distribuição das atividades pelos valores de IPE

A Fig. 37 apresenta a distribuição da frequência em função do IPE e permite constatar que: 35% das atividades laboratoriais avaliadas apresentam um IPE inferior a 50; 31% apresentam um IPE entre 50 e 59 e 15% apresentam um IPE superior a 70 e inferior a 79.

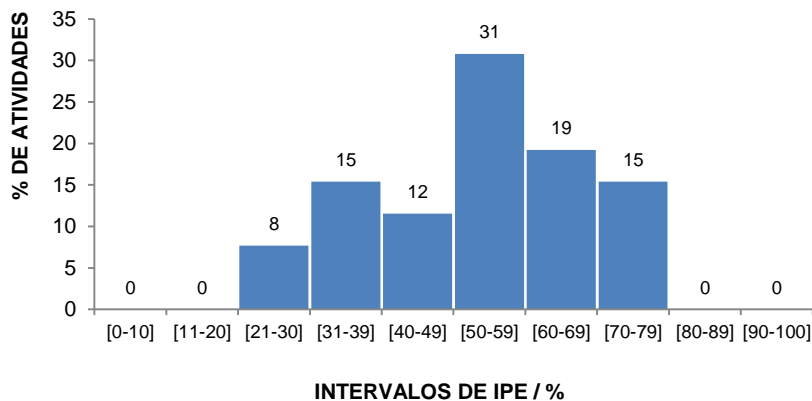


FIGURA 37. DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS NO SUBDOMÍNIO VELOCIDADE DE REAÇÕES QUÍMICAS EM FUNÇÃO DO IPE.

4. CONCLUSÕES

Avaliação da verdura das atividades

Na análise global das atividades não foram contabilizadas as atividades repetidas, isto é, as que apresentam estrelas iguais, mas cujos objetivos são diferentes.

No gráfico da Fig. 38 resumem-se os resultados obtidos na análise das atividades mediante uma distribuição da frequência das atividades em função do respetivo IPE. O gráfico mostra que 43 das 103 atividades avaliadas apresenta uma verdura baixa (IPE inferior a 50). Mostra também que apenas três atividades cumprem todos os princípios, apresentando verdura máxima (IPE = 100).

A média dos IPE, quando se considera o conjunto de todas as atividades avaliadas, é 52,67.

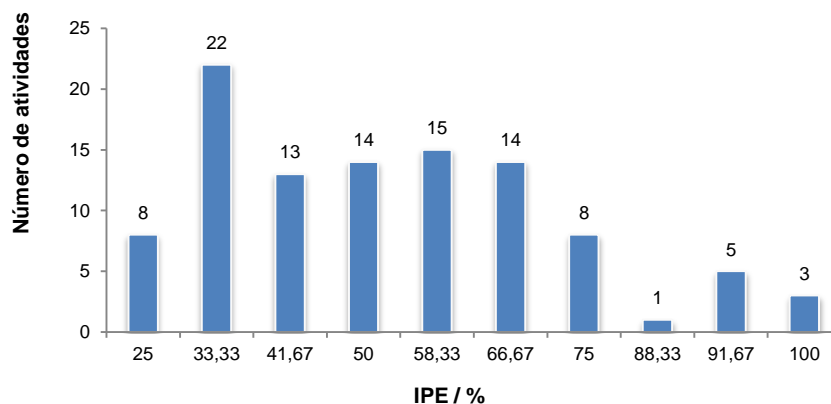


FIGURA 38. FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS EM FUNÇÃO DO IPE.

A Fig. 39 mostra que: 42% das atividades avaliadas apresentam um IPE inferior a 50; 8% apresenta um IPE abaixo de 30 e 8% apresenta uma verdura química superior a 90.

Verifica-se, também que pouco mais de metade, 59%, apresentam uma verdura acima de 50.

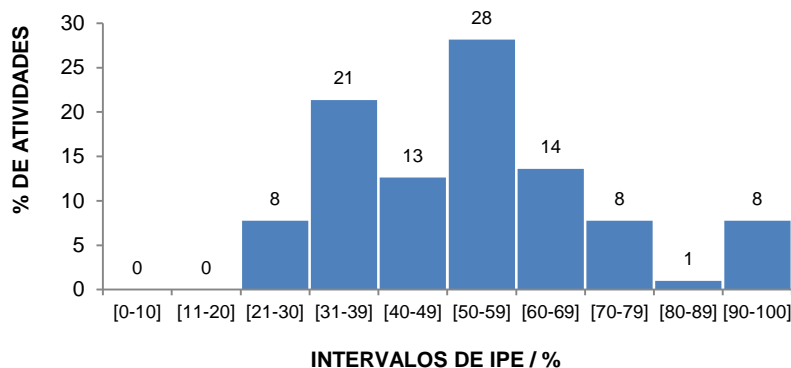


FIGURA 39. DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS ATIVIDADES AVALIADAS EM FUNÇÃO DO IPE (%).

Na Fig. 40 apresenta-se o resumo do número de experiências em função do cumprimento de cada um dos seis princípios tidos em conta na avaliação da verdura das atividades.

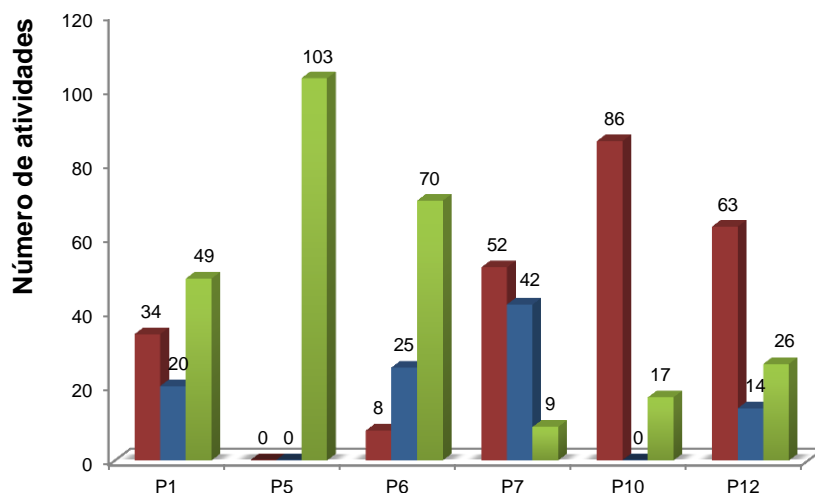


FIGURA 40. NÚMERO DE SUBSTÂNCIAS EM FUNÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS SEIS PRINCÍPIOS AVALIADOS; ■ PONTUAÇÃO 3, ■ PONTUAÇÃO 2 E ■ PONTUAÇÃO 1

A Fig.40 mostra que todas as atividades avaliadas cumprem o princípio 5, pois as substâncias auxiliares não apresentam perigos ou não existem. No que diz respeito ao princípio 1, verifica-se que cerca de metade das atividades apresentam resíduos sem indicação de perigos mas em 34 os perigos dos resíduos são elevados e em 20 moderados. Tendo em conta que este princípio é penalizado por resíduos com perigos para a saúde humana e/ou ambiente, verifica-se que mais de metade das atividades envolvem perigos para os estudantes e/ou professores bem como para o ambiente.

Também é possível constatar que os princípios 7 (Uso de matérias-primas renováveis), 10 (Planificação para a degradação) e 12 (Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes) são os que aparecem mais penalizados nas atividades avaliadas.

Na Fig. 41 apresenta-se a percentagem de substâncias em função dos perigos para a saúde humana, ambiente e físicos.

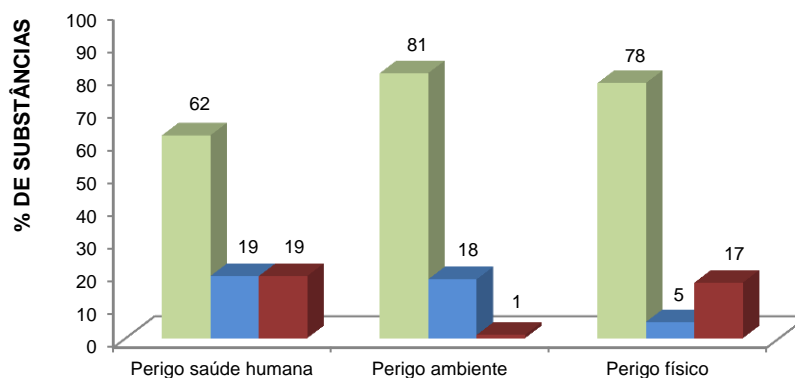


FIGURA 41. PERCENTAGEM DE SUBSTÂNCIAS EM FUNÇÃO DOS PERIGOS PARA A SAÚDE HUMANA, AMBIENTE E FÍSICOS; ■ PERIGO ELEVADO, ■ PERIGO MODERADO E ■ SEM INDICAÇÃO DE PERIGO

A Fig. 41 mostra que 19% das substâncias apresentam perigo elevado para a saúde humana, 1% para o ambiente e 17% para perigos físicos. No entanto a percentagem de substâncias sem indicação de perigos é superior a 60% para todos os perigos.

Esta análise assume extrema importância, pois nas instituições de ensino público não superior as substâncias, na maioria dos casos, são “despejadas nas bancas” acabando no meio ambiente pois não é frequente (senão mesmo inexistente) a recolha de resíduos por empresas especializadas. É também de referir que não raras vezes as atividades são realizadas fora das “hottes”, como nos laboratórios abertos, embora em algumas atividades realizadas se libertem gases que envolvem perigos.

Tal como já foi referido, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, as substâncias com perigos elevados para a saúde humana, ambiente e físicos devem ser eliminados das atividades realizadas em contexto escolar não devendo ser manipuladas por estudantes e/ou professores.

À luz da QV interessa produzir resíduos degradáveis e sem perigos (Fig. 42B) bem como utilizar reagentes/matérias-primas renováveis e não perigosos (Fig. 42A). É

importante, portanto, refletir acerca da utilização de substâncias que cumpram estes dois requisitos.

Os gráficos da Fig. 42 evidenciam que 67% das substâncias envolvidas nas atividades não é degradável enquanto 75% dos reagentes/matérias-primas não são renováveis.

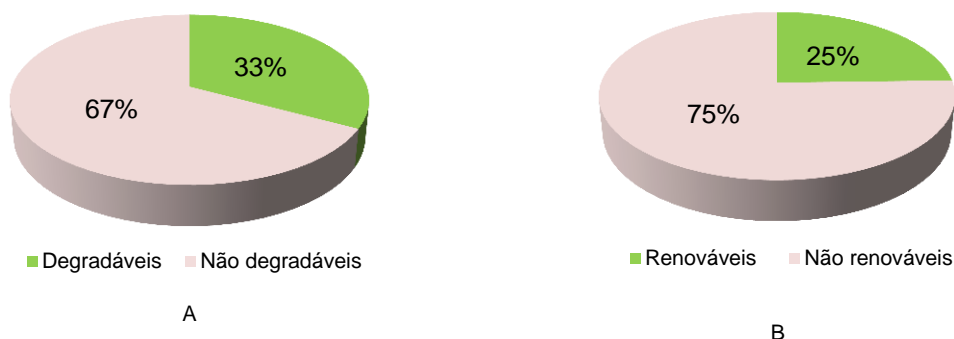


FIGURA 42. (A) DEGRADABILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS E (B) RENOVABILIDADE DOS REAGENTES/MATÉRIAS-PRIMAS ENVOLVIDOS NAS ATIVIDADES AVALIADAS

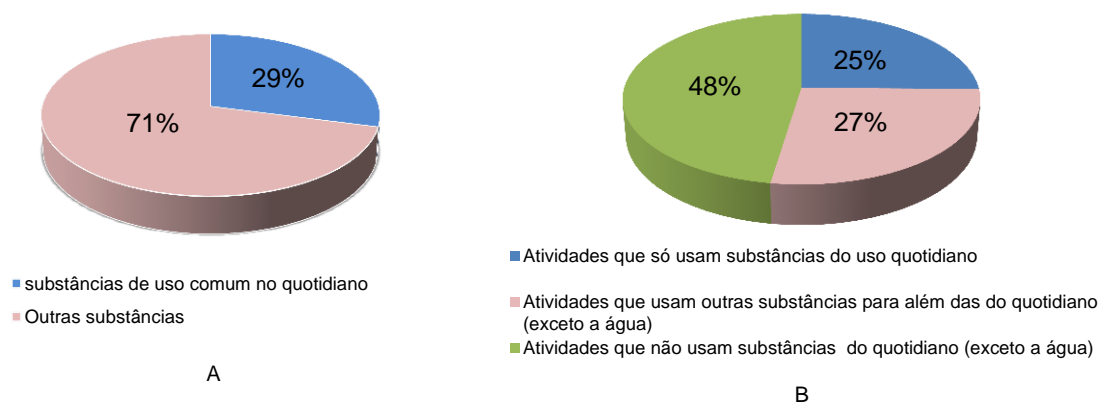


FIGURA 43. (A) PERCENTAGEM DE SUBSTÂNCIAS DE USO COMUM NO QUOTIDIANO E (B) PERCENTAGEM DE ATIVIDADES QUE USAM ESSAS SUBSTÂNCIAS.

O gráfico da Fig. 43A mostra que 29% das substâncias utilizadas nas atividades são de uso comum no quotidiano. O gráfico da Fig. 43B evidencia que 25% das atividades só utilizam substâncias de uso comum no quotidiano e 48% não utilizam tais substâncias.

A Fig. 44A permite verificar que 68% das experiências são realizadas em condições de temperatura e pressão ambientais. A Fig. 44B mostra que apenas 16% das atividades utilizam apenas substâncias degradáveis a produtos inócuos.

Por outro lado, na Fig. 44C apresenta-se uma visão da renovabilidade e verifica-se que apenas 9% das atividades utilizam só reagentes/matérias-primas renováveis,

contrastando com os 50% de atividades que não utilizam nenhum reagente/matéria-prima renovável.

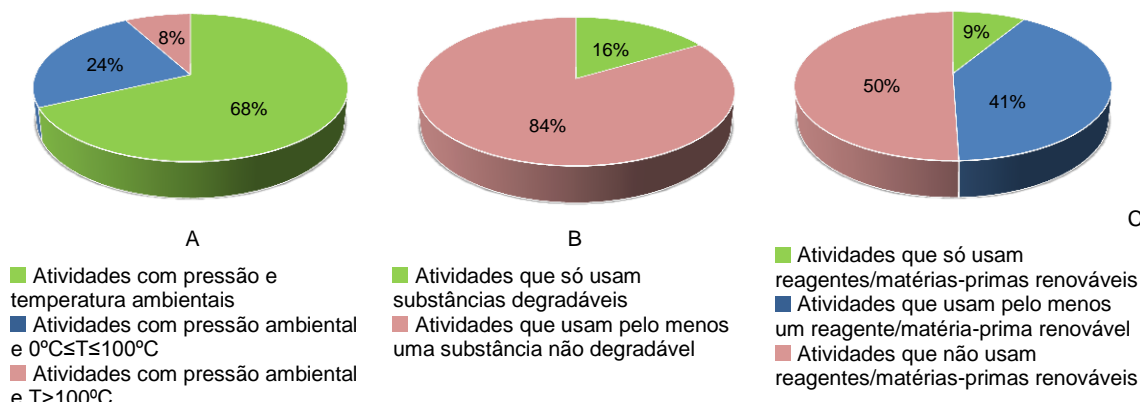


FIGURA 44. PERCENTAGEM DE ATIVIDADES (A) REALIZADAS À TEMPERATURA E PRESSÃO AMBIENTAIS, (B) QUE USAM SUBSTÂNCIAS DEGRADÁVEIS E (C) QUE USAM REAGENTES/MATERIAS PRIMAS RENOVÁVEIS.

Já a Fig. 45 mostra que 25% das atividades usam apenas substâncias inócuas (sem indicações de perigos para a saúde humana, ambiente e físicos), sendo que a percentagem de atividades que envolvem pelo menos uma substância com perigo elevado é elevada (62%).

Por outro lado, a Fig. 46 mostra que 48% das atividades apresentam resíduos inócuos, enquanto 33% apresentam resíduos com perigo elevado (para a saúde humana e ambiente).

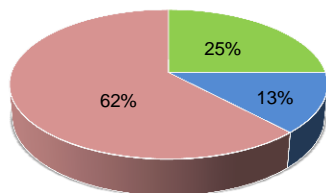


FIGURA 45. PERCENTAGEM DE ATIVIDADES QUE ENVOLVEM; ■ APENAS SUBSTÂNCIAS SEM INDICAÇÃO DE PERIGOS, ■ PELO MENOS UMA SUBSTÂNCIA COM PERIGO MODERADO E ■ PELO MENOS UMA SUBSTÂNCIA COM PERIGO ELEVADO.

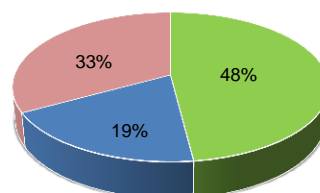


FIGURA 46. PERCENTAGEM DE ATIVIDADES QUE ENVOLVEM; ■ APENAS RESÍDUOS SEM INDICAÇÃO DE PERIGOS, ■ PELO MENOS UM RESÍDUO COM PERIGO MODERADO E ■ PELO MENOS UM RESÍDUO COM PERIGO ELEVADO.

Na Tabela 26 apresenta-se, para cada manual, o valor médio calculado para o IPE das atividades avaliadas.

TABELA 26. ATIVIDADES E RESPETIVOS IPE MÉDIOS POR MANUAL ANALISADO.

Projeto		N.º de atividades avaliadas	IPE médio	Referência
1	Caderno de atividades Manual	7	46,43	(13)
		13	46,15	(14)
2	Caderno de atividades Caderno do aluno	5	70,00	(15)
		6	61,11	(16)
3	As nossas atividades Manual	20	50,00	(17)
		12	52,08	(18)
4	Caderno de atividades Manual	16	55,73	(19)
		24	51,04	(20)
5	Manual	16	65,10	(21)
6	Manual	16	58,85	(22)
7	Manual	15	56,11	(23)
8	Caderno de atividades Caderno do professor Manual	2	66,67	(24)
		4	50,00	(25)
		8	70,37	(26)
9	Manual	16	46,11	(27)

Implicações educacionais

A inclusão das atividades no “*Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde*” (<http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/home>) é de grande utilidade, pois permite uma publicitação alargada e acessível a professores e autores de manuais escolares, de orientações e metas curriculares.

Permite, também, a divulgação da Química Verde e de instrumentos simples de avaliação da verdura passíveis de serem utilizados pelos professores.

Partindo das fichas de avaliação disponibilizadas na web, os professores, na escolha das atividades a desenvolver com os estudantes, poderão e deverão optar pelas que contemplam, na globalidade, substâncias menos perigosas. Deverão também atender ao facto de em algumas atividades se formarem resíduos tão ou mais perigosos que os reagentes/matérias-primas, devendo este ser um factor relevante na escolha das mesmas a implementar em contexto escolar.

Através da construção das EV, elaboradas para cada atividade, os professores poderão fazer uma avaliação prévia da verdura das atividades laboratoriais facilitando a sua seleção.

Desenvolvimento profissional e pessoal

Durante o desenvolvimento deste trabalho fui-me deparando com diversas atividades que já havia realizado mas que nunca havia refletido convenientemente sobre elas e dei-me conta que a química por trás delas é muita vezes negligenciada por parte dos professores e consequentemente pelos estudantes. Muitas vezes, de forma a simplificar os conceitos para este nível de escolaridade acabam por se omitir aspetos importantes e fundamentais para a sua correta interpretação.

Fui algumas vezes motivada a procurar informação complementar para melhor perceber todos os mecanismos associados a determinadas atividades que até me pareciam simples.

Este foi um trabalho bastante enriquecedor, pois foi a primeira vez que contactei com os propósitos e princípios da Química Verde e apesar de me considerar uma pessoa atenta aos perigos das substâncias que utilizo em contexto de sala de aula apercebi-me que já trabalhei com substâncias com perigos a que não dei a devida atenção.

O seu desenvolvimento dotou-me de competências importantíssimas ao nível da Química Verde e sua aplicabilidade na análise de atividades laboratoriais. Levou-me a uma investigação ampla e diversificada de vários tipos de reações químicas permitindo-me aplicar e reforçar conhecimentos essenciais de Química.

Sendo a análise efetuada aplicada a atividades do ensino básico permitiu-me, enquanto docente do ensino básico, um contacto concreto com conhecimentos aplicáveis em contexto escolar e desenvolvimento de um trabalho com aplicação efetiva na minha vida profissional que era o que procurava ao ingressar neste mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ⁽¹⁾ Anastas, P. T.; Warner, J. C.; Green Chemistry – Theory and Practice, Oxford P., Oxford, **1998**.
- ⁽²⁾ Costa, D. A.; Ribeiro, M. G. T. C.; Machado, A. A. S. C., Análise da Verdura das Actividades Laboratoriais do 10º Ano do Ensino Secundário, Química, Bol. S. P. Q., **2009**, 115, 41.
- ⁽³⁾ Costa, D. A.; Ribeiro, M. G. T. C.; Machado, A. A. S. C., Análise da Verdura das Actividades Laboratoriais do 11º Ano do Ensino Secundário, Química, Bol. S. P. Q., **2011**, 123, 63.
- ⁽⁴⁾ Freire A. M.; Galvão C.; Lopes A. M. S.; Neves A.; Oliveira M. T.; Pereira M.; Santos M. C.; Vilela M. C.; Orientações Curriculares do 3.º Ciclo para as Ciências Físicas e Naturais, Ministério da Educação - Departamento da Educação Básica, 2001, acessível em <http://dge.mec.pt/metascurriculares/index.php?s=directorio&pid=23>
(http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E_Basico/eb_cfn_orient_curriculares_3c.pdf) (acedido em agosto **2014**).
- ⁽⁵⁾ Web: <http://dge.mec.pt/metascurriculares/index.php?s=directorio&pid=23>
(http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E_Basico/eb_cfq metas curriculares_3c.pdf) (acedido em agosto **2014**).
- ⁽⁶⁾ Web: <http://dge.mec.pt/metascurriculares/index.php?s=directorio&pid=23>
(http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/Legislacao_Metas_Curriculares/despacho_15971_2012.pdf) (acedido em agosto **2014**).
- ⁽⁷⁾ Machado, A. A. S. C., Química e Desenvolvimento sustentável - QV, QUIVES, QUISUS, Química, Bol. S. P. Q., **2004**, 95, 59.
- ⁽⁸⁾ Ribeiro, M. G. T. C.; Costa, D. A.; Machado, A. A. S. C., “Green Star”: a holistic Green Chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments. *Green Chemistry Letters and Reviews* **2010**, 3 (2), 149-159.
- ⁽⁹⁾ Ribeiro, M. G. T. C.; Costa, D. A.; Machado, A. A. S. C., Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reacções laboratoriais – “Estrela Verde”. *Química Nova* **2010**, 759-764.
- ⁽¹⁰⁾ M. Gabriela T. C. Ribeiro, Adélio A. S. C. Machado, Holistic metrics for assessment of the greenness of chemical reactions in the context of chemical education, *Journal of Chemical Education*, 90, 432-439, 2013.

- ⁽¹¹⁾ M. Gabriela T. C. Ribeiro, Adélio A. S. C. Machado, Novas Métricas Holísticas para Avaliação da verdura de Reações de Síntese em Laboratório, Química Nova, 35, 1879-1883, 2012.
- ⁽¹²⁾ Web: <http://www.sigmaaldrich.com/portugal.html> (Sítio oficial SIGMA-ALDRICH - Empresa da área Farmacêutica e dos Químicos, acedido em agosto **2014**).
- ⁽¹³⁾ Web: http://www.merckmillipore.com/PT/en/20140424_220142 (Sítio oficial MERCK - Empresa da área Farmacêutica e dos Químicos, acedido em agosto **2014**).
- ⁽¹⁴⁾ Web: <http://www.labchem.com/> (Sítio oficial LABCHEM - Empresa de produtos químicos, acedido em agosto **2014**).
- ⁽¹⁵⁾ M. Gabriela T. C. Ribeiro, Santiago F. Yunes, Adélio A. S. C. Machado, Assessing the Greenness of Chemical Reactions in the Laboratory Using Updated Holistic Graphic Metrics Based on the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, Journal of Chemical Education, 2014.
- ⁽¹⁶⁾ Web: <http://pedagogiadaquimicaverde.fc.up.pt/index2.html#-756> (acedido em julho **2014**).
- ⁽¹⁷⁾ Beleza, M. D.; Cavaleiro, M. N. G.C. FQ 8 – CFQ – caderno de atividades - 8ºano; Asa Editores II, S.A: Lisboa, 2007.
- ⁽¹⁸⁾ Beleza, M. D.; Cavaleiro, M. N. G.C. FQ 8 - CFQ 8ºano; Asa Editores II, S.A: Lisboa, 2007.
- ⁽¹⁹⁾ Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves M.; Vicente, M. Ciências Físico-Químicas - Sustentabilidade na Terra, Caderno de atividades, Didáctica Editora Lda, Lisboa, 2007.
- ⁽²⁰⁾ Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves M.; Vicente, M. Ciências Físico-Químicas - Sustentabilidade na Terra, Caderno do aluno, Didáctica Editora Lda, Lisboa, 2007.
- ⁽²¹⁾ Dias, F. M. L.; Rodrigues, M. M. R. D. Física e Química na Nossa Vida – As nossas atividades – 8ºano, Porto Editora, Porto, 2010.
- ⁽²²⁾ Dias, F. M. L.; Rodrigues, M. M. R. D. Física e Química na Nossa Vida– 8ºano, Porto Editora, Porto, 2010.
- ⁽²³⁾ Fiolhais, C.; Morais, C.; Paiva, J.; Costa S.; Gil, V. 8 CFQ - Sustentabilidade na Terra – Caderno de atividades, Texto Editora, Lisboa, 2007.
- ⁽²⁴⁾ Fiolhais, C.; Morais, C.; Paiva, J.; Costa S.; Gil, V. 8 CFQ - Sustentabilidade na Terra, Texto Editora, Lisboa, 2007.
- ⁽²⁵⁾ Miranda, A.; Marques, C.; Maciel, N. Eu e o Planeta Azul, Ciências Físico-Químicas – 8ºano, Porto Editora, Porto, 2007.
- ⁽²⁶⁾ Pires, I.; Ribeiro, S. Universo da Matéria 8ºano – Ciências Físico-Químicas, Santillana, Carnaxide, 2007.

- (27) Rebelo, A. A.; Rebelo, F. Terra.Lab 8, Lisboa Editora, Lisboa, 2007.
- (28) Roque, A. H₂O 8º ano Sustentabilidade na Terra - Caderno de atividades, Texto Editores Lda, Lisboa, 2007.
- (29) Roque, A. H₂O 8º ano Sustentabilidade na Terra - Caderno do professor, Texto Editores Lda, Lisboa, 2007.
- (30) Roque, A. H₂O 8º ano Sustentabilidade na Terra, Texto Editores Lda, Lisboa, 2007.
- (31) Silva, A. J.; Simões, C.; Resende, F.; Ribeiro, M. CFQ 8 – Caderno laboratório, Ciências Físico-Químicas – 8.º ano, Areal Editores, Maia, 2007.
- (32) Web: <http://www.dge.mec.pt/index.php?s=directorio&pid=313> (Direção Geral de Educação – lista de manuais para ano letivo 2013-2014, acedido em setembro **2013**)
- (33) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/83> (acedido em setembro **2014**)
- (34) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/66> (acedido em setembro **2014**)
- (35) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/84> (acedido em setembro **2014**)
- (36) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/85> (acedido em setembro **2014**)
- (37) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/78> (acedido em setembro **2014**)
- (38) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/79> (acedido em setembro **2014**)
- (39) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/80> (acedido em setembro **2014**)
- (40) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/81> (acedido em setembro **2014**)

- (41) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/82> (acedido em setembro **2014**)
- (42) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/86> (acedido em setembro **2014**)
- (43a,43b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/87> (acedido em setembro **2014**)
- (44) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/88> (acedido em setembro **2014**)
- (45) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/89> (acedido em setembro **2014**)
- (46) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/90> (acedido em setembro **2014**)
- (47) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/91> (acedido em setembro **2014**)
- (48a,48b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/93> (acedido em setembro **2014**)
- (49a-49d) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/92> (acedido em setembro **2014**)
- (50a,50b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/95> (acedido em setembro **2014**)
- (51a-51c) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/94> (acedido em setembro **2014**)

- (52) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/96> (acedido em setembro **2014**)
- (53a,53b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/97> (acedido em setembro **2014**)
- (54a-54f) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/48> (acedido em setembro **2014**)
- (55) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/49> (acedido em setembro **2014**)
- (56) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/50> (acedido em setembro **2014**)
- (57) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/51> (acedido em setembro **2014**)
- (58) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/98> (acedido em setembro **2014**)
- (59) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/47> (acedido em setembro **2014**)
- (60) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/99> (acedido em setembro **2014**)
- (61) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/100> (acedido em setembro **2014**)
- (62) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/101> (acedido em setembro **2014**)

- (63) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/102> (acedido em setembro **2014**)
- (64) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/103> (acedido em setembro **2014**)
- (65) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/104> (acedido em setembro **2014**)
- (66) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/105> (acedido em setembro **2014**)
- (67) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/106> (acedido em setembro **2014**)
- (68) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/107> (acedido em setembro **2014**)
- (69a,69c) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/108> (acedido em setembro **2014**)
- (70) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/52> (acedido em setembro **2014**)
- (71a-71d) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/109> (acedido em setembro **2014**)
- (72) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/110> (acedido em setembro **2014**)
- (73a) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/111> (acedido em setembro **2014**)

- ⁽⁷⁴⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/112> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁷⁵⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/113> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁷⁶⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/114> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁷⁷⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/115> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁷⁸⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/116> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁷⁹⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/117> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸⁰⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/118> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸¹⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/119> (acedido em setembro **2014**)
- ^(82a-82c) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/125> (acedido em setembro **2014**)
- ^(83a-83f) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/126> (acedido em setembro **2014**)
- ^(84a-84c) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/127> (acedido em setembro **2014**)

- ⁽⁸⁵⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/120> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸⁶⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/121> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸⁷⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/122> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸⁸⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/123> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁸⁹⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/124> (acedido em setembro **2014**)
- ^(90a,90b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/128> (acedido em setembro **2014**)
- ^(91a,91b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/129> (acedido em setembro **2014**)
- ^(92a,92b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/132> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁹³⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/135> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁹⁴⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/136> (acedido em setembro **2014**)
- ^(95a-95b) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/137> (acedido em setembro **2014**)

- ⁽⁹⁶⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/138> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁹⁷⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/139> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁹⁸⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/140> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽⁹⁹⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/142> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰⁰⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/144> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰¹⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/145> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰²⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/146> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰³⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/147> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰⁴⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/148> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰⁵⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/149> (acedido em setembro **2014**)
- ⁽¹⁰⁶⁾ Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/150> (acedido em setembro **2014**)

- (107) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/151> (acedido em setembro **2014**)
- (108) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/152> (acedido em setembro **2014**)
- (109) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/153> (acedido em setembro **2014**)
- (110) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/154> (acedido em setembro **2014**)
- (111) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/155> (acedido em setembro **2014**)
- (112) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/161> (acedido em setembro **2014**)
- (113) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/162> (acedido em setembro **2014**)
- (114) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/163> (acedido em setembro **2014**)
- (115) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/164> (acedido em setembro **2014**)
- (116) Web: http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalle.php?id=179 (acedido em setembro **2014**)
- (117) Web: <http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/846/Introdu%E7%E3o.pdf> (acedido em setembro **2014**)
- (118) Scholbrock, A.; Kana, G.; Hansford, J.; Manhart, K.; Campbell, M., Effervescent Tablet Dissolving in Water, University of Colorado at Boulder, 2011
- (119) Web: <http://www.chemistryexplained.com/Di-Fa/Equations-Chemical.html> (acedido em setembro **2014**)

- (120) Web: http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=66 (acedido em setembro **2014**)
- (121) Web: http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=167 (acedido em setembro **2014**)
- (122) Web: <http://www.candles.org/candlescience.html> (acedido em setembro **2014**)
- (123) Schore, N. E.; Vollhard, K. P. C., *Organic Chemistry Struture and Function*, W. H. Frememan and Company, 3ª Edição, New York, 1999.
- (124) Web: <http://chemistry.about.com/b/2012/02/01/why-people-mix-bleach-and-vinegar.htm> (acedido em setembro **2014**)
- (125) Web: <http://pontociencia.org.br/experimentosinterna.php?experimento=457&JARDIM+D#top> (acedido em setembro **2014**)
- (126) Web: <http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/850/Introdu%E7%E3o.pdf> (acedido em setembro **2014**)
- (127) Web: <http://depts.washington.edu/chem/facilserv/lecturedemo/GlycerolandKMnO4-UWDept.ofChemistry.html> (acedido em setembro **2014**)
- (128) Web: <http://www.chemeddl.org/alfresco/service/org/chemeddl/video.html?options=false&ID=vid:602&quest=true> (acedido em setembro **2014**)
- (129) Web: <http://dl.clackamas.cc.or.us/h105-09/electrol1.htm> (acedido em setembro **2014**)
- (130) Web: <http://kuadro.querobolsa.com.br/videoaula/quimica/fisico-quimica/eletrolise-do-acido-sulfurico-h2so4-com-eletrodos-ativos> (acedido em setembro **2014**)

Bibliografia consultada:

Critchlow, P., *Mastering Chemistry*, Macmillan Master Series

Chang, R., Química, 8ª Edição, McGraw-Hill, 2005.

Allinger, N. L.; Cava, M. P.; Jongh, D.C; Johnson, C. R.; Lebel, N. A.; Stevens, C. L. Química Orgânica, 2ª Edição, LTC Editora, Espanha, 2005.

Web: http://www.kayelaby.npl.co.uk/chemistry/3_2/3_2.html (Consulta da solubilidade de compostos inorgânicos, acedido em setembro **2014**)